

Aus dem Institut für Seefischerei der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg

Ergebnisse der Forschungsreisen des FFS "Walther Herwig" nach Südamerika.

XXXIV. Die Chromosomen von drei Arten aus der Familie Gonostomatidae (Osteichthyes, Stomiatoidei)

Alfred Post

Mit 10 Abbildungen

Eingang am 5.12.1973

Abstract

Results of the research cruises of FRV "Walther Herwig" to South America. XXXIV. The Chromosomes of three species of the family Gonostomatidae (Osteichthyes, Stomiatoidei).

Squeeze preparations of gonad-tissue of three Gonostomatid species have been carried out in order to observe the chromosomes during the meiotic division.

Gonostoma bathyphilum ($n = 6$ chromosomes) turned out to have the lowest chromosome number ever found in fishes.

The development from diplonema to late prometaphase is shown in figs. 3 to 8. During pachynema the chromosomes form large ring-tetrads. This shape may result from mechanical conditions or might be the effect of multiple fusions and translocations which led to the diminuation of chromosome-number, as the author believes.

The two other Gonostomatids, *Bonapartia pedaliota* and *Gonostoma elongatum* have $n = 24$ and $n = ca. 24$ chromosomes and so fall in the range of most other fishes.

Kurzfassung

An Gonadenausstrichen wurden die Chromosomen von drei Gonostomatidenarten untersucht: *Gonostoma bathyphilum* ($n = 6$), *Gonostoma elongatum* ($n = ca. 24$) und *Bonapartia pedaliota* ($n = 24$).

Mit nur $n = 6$ hat *Gonostoma bathyphilum* die wenigsten bisher bei Fischen gefundenen Chromosomen. Diese bilden während des Pachynema der 1. Reifeteilung große Ringtetraden (Abb. 3–8). Vermutlich haben multiple Translokationen oder Fusionen zur Gruppierung des Chromatins in haploid nur 6 Chromosomen geführt.

A. Einleitung

Während der 36. Reise des FFS „Walther Herwig“ nach Südamerika und Südafrika wurden neben dem meereszoologischen Hauptprogramm Gonadenausstriche von 47 pelagischen Fischarten hergestellt. Darunter aus der Familie Gonostomatidae drei Arten aus zwei Gattungen. Die Untersuchungen sollten in erster Linie dazu dienen, die Kenntnisse der Chromosomenzahl und -form während der Meiose, die von primären und sekundären Süßwasserfischen inzwischen in reichem Maße gesammelt wurden, auch für marine Arten zu erweitern.

B. Material und Methode

1. *Bonapartia pedaliota*, Stat. 506, 23°47'N 20°59'W, ca 2000 m Tiefe, 19.4.1971, SL 67 mm, 69 mm.
2. *Gonostoma bathyphilum*, Stat. 506, 23°47'N 20°59'W, ca 2000 m Tiefe, 19.4.1971, SL 143 mm.
Gonostoma bathyphilum, Stat. 512, 32°47'N 16°24'W, ca 1800 m Tiefe, 22.4.1971, SL 138 mm.
3. *Gonostoma elongatum*, Stat. 447-III, 18°36'S 04°18'W, 750 m Tiefe, 4.4.1971, SL 112 mm.
Gonostoma elongatum, Stat. 502, 20°27'N 21°58'W, ca 2000 m Tiefe, 18.4.1971, SL 110 mm.

Das Gonadengewebe wurde mit destilliertem Wasser hypotonisch aufgelockert und in 50%iger Orcein-Essigsäure-Lösung fixiert und gefärbt. Nach 12–24 Stunden wurden kleine Gewebestücke auf dem Objektträger ausgestrichen, über die Alkoholreihe entwässert und in Eukitt eingebettet (Methode nach Hsu & Pomerate 1953 und Karbe 1961 etwas abgewandelt).

Diese recht unkomplizierte und daher für die Anwendung an Bord eines Schiffes sehr geeignete Methode erlaubt es, sowohl am frischen Quetschpräparat als auch am Dauerpräparat, bei geeignetem Entwicklungsstadium der Gonade die Chromosomen und die Spermatogenese zu beobachten. Für differenziertere Aussagen, z.B. über die Feinstruktur oder Lagebeziehung der Chromosomen ist die Methode ungeeignet.

Die Chromosomen wurden im Lichtmikroskop bei 1250-facher Vergrößerung beobachtet und photographiert.

C. Taxonomische Anmerkungen

Innerhalb der Unterordnung Stomiatoidei bilden die Gonostomatiden die Familie mit den meisten Gattungen. Die verwandtschaftlichen Beziehungen der z.Zt. 21, meist monotypischen Genera untereinander sind noch nicht endgültig geklärt. Einige Genera lassen sich jedoch zu Gruppen mit wahrscheinlich monophyletischem Ursprung zusammenfassen.

Die beiden Gattungen, aus denen die für diese Arbeit untersuchten Arten stammen, gehören einer solchen gemeinsamen Gruppe an. Die großen Unterschiede in den Chromosomenzahlen und -formen, wie sie weiter unten beschrieben werden, sind demnach morphologisch nicht in gleichem Maße manifestiert.

D. Ergebnisse

1. *Bonapartia pedaliota* Goode & Bean, 1896
Bonapartia pedaliota gehört zu den kleinen Arten, die kaum mehr als 70 mm SL erreichen.

Der Durchmesser des Spermatozyte-I-Kerns beträgt 7.5 bis 8.5 μ . In der Metaphaseplatte der ersten Reifeteilung sind deutlich $n = 24$ fast gleichgroße Chromosomenpaare zu erkennen (Abb. 1). Die unterschiedliche Größe in Abb. 1 wird durch die Lage der Chromosomen in mehreren optischen Ebenen vorgetäuscht. In Prometaphasen der Spermatozyte-I-Teilung sind die Chromosomen nicht so gut zählbar, zeigen dafür aber ihre übereinstimmende Größe und die Form der Tetraden auf (Abb. 2). Kreuz- und Stabtetraden scheinen in etwa gleicher Zahl vorzukommen. Dagegen sind Ringtetraden nicht zu beobachten.

2. *Gonostoma bathyphilum* (V a i l l a n t, 1888).

Unter allen bisher untersuchten Fischarten hat *Gonostoma bathyphilum* die wenigsten Chromosomen, nämlich $n = 6$.

Bereits während des Diplonema ist zu erkennen, daß der Kern nur wenige Chromosomen enthält (Abb. 3). Im weiteren Verlauf des Pachynema bilden sich Ringtetraden aus (Abb. 4–5), deren Anzahl nach weiterer Verkürzung der Chromosomen bis zur Prometaphase mit $n = 6$ evident wird (Abb. 6–7).

Durch weitere Verdichtung des Chromatins erscheinen die Bivalenten in der Metaphase schließlich als Stabtetraden (Abb. 8).

In der Prometaphase der Spermatogonienteilung sind $2n = 12$ metazentrische oder submetazentrische Chromosomen zu unterscheiden (Abb. 9).

Der Durchmesser des Spermatozyte-I-Kerns beträgt durchschnittlich 8μ .

3. *Gonostoma elongatum* G ü n t h e r, 1878

Die Gonadenausstriche der beiden Exemplare dieser Art enthalten nur wenige Metaphasen oder Prometaphasen. Eindeutig auszählbare Metaphaseplatten sind nicht darunter. Dennoch ist klar zu erkennen, daß die Chromosomenzahl in der Nähe von $n = 24$ liegt (Abb. 10) und sich damit erheblich von der bei *Gonostoma bathyphilum* gefundenen unterscheidet. Der Durchmesser des Kerns während des frühen Pachynema ist mit $\sim 7 \mu$ nur wenig kleiner als bei *Gonostoma bathyphilum*.

E. Diskussion

Die beiden Arten *Bonapartia pedaliota* und *Gonostoma elongatum* haben Chromosomen wie sie in Zahl und Form von vielen Fischarten aus sehr unterschiedlichen Ordnungen bekannt sind. Sie ordnen sich somit in die Reihe jener Arten ein, deren Evolution ohne, oder mit nur geringer Veränderung der Chromosomen-Zahl einherging. Bei *Gonostoma bathyphilum* ist die Chromosomenzahl dagegen so stark reduziert wie es bisher von keiner Fischart bekannt war.

Die Chromosomen-Form erinnert sehr an die bei *Notobranchius rachowi* Ahl, 1926, der Art mit der bisher kleinsten Chromosomenzahl $n = 8$ (Post 1965). Wie dort treten auch bei *Gonostoma bathyphilum* während der Prometaphase der Spermatozyte-I-Teilung nur Ringtetraden auf. Bei so niedrigen Chromosomenzahlen wie $n = 6$ oder $n = 8$ kann man davon ausgehen, daß diese Chromosomensätze aus solchen mit höherer Chromosomenzahl hervorgegangen sind. Wie die Untersuchungen an ca 350 Fischarten zeigen, ist eine haploide Chromosomenzahl um $n = 24$ bei dieser Vertebratenklasse sehr verbreitet und zwar unabhängig von der systematischen Stellung der einzelnen Arten. Das hat zu der Schlußfolgerung geführt, (Kaur & Srivastava 1965, Post 1965) daß der Basiswert für die Chromosomenzahl bei Fischen in der Nähe von oder genau bei $n = 24$ liegt.

Von $n = 24$ zu $n = 6$ ist eine erhebliche Veränderung des Karyotyps. Die Evolution kann dabei verschiedene Wege gegangen sein.

1. Hypoploidisierung. Dieser Vorgang, bei dem ein oder mehrere Chromosomen aus dem Kern entfernt werden, stört die Genbalance. Nur in seltenen Fällen, z.B. wenn es sich um genarnes Heterochromatin handelt, ist ein Organismus in der Lage, diesen Eingriff ohne Vitalitätsverlust zu überstehen.
2. Deletion. Auch das Herausbrechen von Chromosomenteilen stört die Genbalance und wirkt in der Regel vitalitätsmindernd oder letal.

Beide Vorgänge können nicht zur Erklärung der niedrigen Chromosomenzahl $n = 6$ dienen. Es ist nahezu ausgeschlossen, daß ein Organismus $3/4$ seiner Chromosomen

verliert, selbst wenn sehr lange Zeiträume dafür eingesetzt werden, dabei aber nicht nur weiter existiert, sondern sich auch systematisch kaum von den Arten entfernt, die diesen Chromatinverlust nicht hatten.

3. Umstrukturierung durch multiple Translokationen oder Fusionen. Hierbei wird die Chromatinmenge nicht verändert und somit die Genbalance erhalten. Veränderungen des Genotyps können dabei aber durch neue Positionseffekte entstehen.

Wie bei *Notobranchius rachowi* vermute ich auch bei *Gonostoma bathyphilum*, daß die Reduktion der Chromosomenzahl eine Folge von Umstrukturierungen des Chromatins im Kern war. Es ist offensichtlich, daß die 6 Ringtetraden (Abb. 3–9) größer sind als die einzelnen Bivalenten der anderen beiden Metaphasen (Abb. 1, 2 und 10). Schon aus diesem Grunde ist zu vermuten, daß in ihnen mehrere kleinere Chromosomen, sei es durch zentrische oder Tandem-Fusionen oder einer Kombination beider, vereinigt sind. Geht man von $n = 24$ als dem Basiswert aus, so sollten bei *Gonostoma bathyphilum* durchschnittlich 4 „normale“ Chromosomen zu einem vereinigt sein. Aus den Abbildungen läßt sich nicht sicher entnehmen, ob das der Fall ist, die Größe der 6 Ringtetraden weicht allerdings nicht sehr stark voneinander ab.

Wie bei *Notobranchius rachowi* und einigen *Aphyosemion*-Arten mit reduzierter Chromosomenzahl haben auch bei *Gonostoma bathyphilum* die großen Chromosomen die Tendenz, während der Meiose Ringtetraden zu bilden. Die kleineren Chromosomen bei *Bonapartia pedaliota* ordnen sich dagegen wie bei den meisten anderen Arten mit $n = 24$ zu Stab- oder Kreuztetraden. Diese verschiedenen Tetradenbildungen können rein mechanische Ursachen haben und mit der Größe der Chromosomen zusammenhängen. Sie könnten aber auch eine Folge der veränderten Chromosomenstruktur sein, indem sich die Synapsis der Homologenkette aus 2, 3 oder 4 aneinanderhängenden Einzelchromosomen anders verhält als die einzelner Homologer.

F. Literatur

- Grey, M.: Family Gonostomatidae in: Fishes of the Western North Atlantic. Mem. Sears Found. Mar. Res. 1 (5) : 78–240, 1964.
- Hsu, T. C. & C. M. Pomeroy: Mammalian Chromosomes in Vitro II. A Method for Spreading the chromosomes of Cells in Tissue Culture. J. Hered. 44 : 23–29, 1953.
- Karbe, L.: Cytologische Untersuchungen der Sterilitätserscheinungen bei anatolischen Zahnkarpfen, ein Beitrag zum Speziationsproblem. Mitt. Hamburg. Zool. Mus. Inst. 59 : 73–104, 1961.
- Kaur, D. & M. D. L. Srivastava: The Structure and Behaviour of Chromosomes in five Fresh-water Teleosts. Caryologia 18 (2) : 181–191, 1965.
- Post, A.: Vergleichende Untersuchungen der Chromosomenzahlen bei Süßwasser-Teleostern. Z. zool. Syst. Evolut.-forsch. 3 : 47–93, 1965.

Legenden zu den umstehenden Abbildungen

Abb. 1 – Abb. 2: *Bonapartia pedaliota*, Metaphase und Prometaphase der Spermatocyte I

Abb. 3 – Abb. 8: *Gonostoma bathyphilum*, Teilungsphasen der Spermatocyte I vom Diplonema bis zur Metaphase

Abb. 9: *Gonostoma bathyphilum*, Metaphase der Spermatogonie

Abb. 10: *Gonostoma elongatum*, Prometaphase der Spermatocyte I

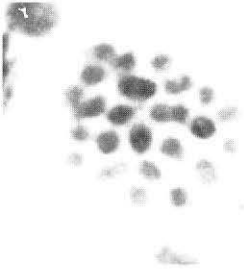


Abb. 1

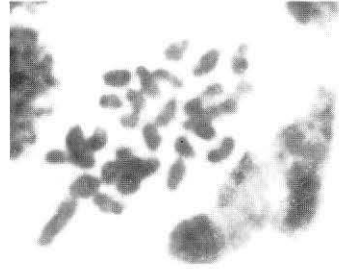


Abb. 2



Abb. 3

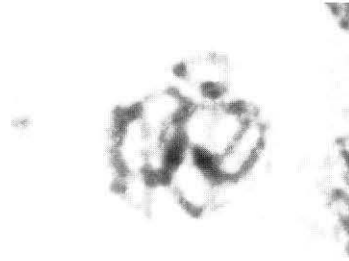


Abb. 4



Abb. 5

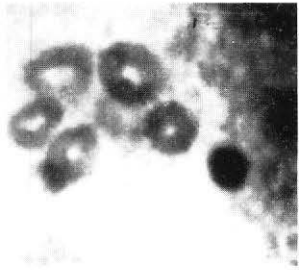


Abb. 6

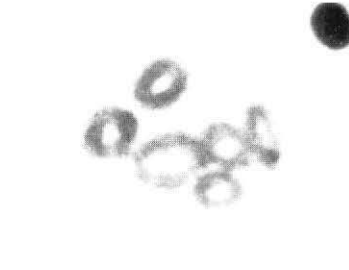


Abb. 7



Abb. 8



Abb. 9



Abb. 10