

(Naturkundliche Station der Stadt Linz; Leiter: Prof. Dr. Hans Grohs)

Lokale formative Veränderungen der Basalfibrillen in einer Kultur von *Colpidium kleini* (Protozoa)

(Local Formative Changes of the Basal Fibrillae in a Culture of *Colpidium kleini* [Protozoa])

Von WILHELM FOISSNER¹⁾

Mit 13 Abbildungen

(Manuskript eingelangt am 21. August 1972)

Zusammenfassung

Es werden lokale formative Veränderungen der Basalfibrillen in einer Kultur von *Colpidium kleini* beschrieben. Die Veränderungen beginnen mit einer strickleiterartigen Aufteilung der Basalfibrillen in Richtung Protrichozystenfibrillen. In fortgeschrittenen Stadien entsteht durch weitere Verzweigung und Anastomosenbildung ein gitterähnliches Aussehen des Silberliniensystems. In der Kultur fand sich starker Polymorphismus, wobei die kleinsten und größten Individuen nur sehr wenig oder überhaupt nicht veränderte Silberliniensysteme aufwiesen. Die stärksten Störungen fanden sich an normalgroßen Tieren.

Die Ursache dieser Abnormalität wird in einer genetischen Irritation vermutet, jedoch sind dafür nur ungenügende Beweise vorhanden. Die Bedeutung von abnormalen Silberliniensystemen für die Erforschung der Natur des Silberliniensystems wird diskutiert.

Summary

Local formative changes of the basal fibrils are described in a single culture of *Colpidium kleini*. The changes start with a rope-like branching of the basal fibrils in the direction of the protrichocyst fibrils. A lattice-like appearance of the silverline system occurs in advanced stages by further branching and formation of anastomoses. In this culture was a strong polymorphism, where the smallest and biggest individuals showed either a normal or a very little changed silverline system. The strongest changes were found in normal size animals.

The cause of this abnormality is presumed to be a genetic irritation, but there is no real proof of it. The significance of abnormal silverline systems for the exploration of the nature of the silverline system is discussed.

Einleitung

Das Silberliniensystem der Ciliaten besitzt eine beträchtliche morphologische Konstanz — eine Tatsache, die die moderne Ciliatensystematik tiefgreifend beeinflusst hat (CORLISS, 1961; RAABE, 1967; TUFFRAU, 1960). Auch die verschiedenen

¹⁾ Wilhelm FOISSNER, Naturkundliche Station der Stadt Linz, Roseggerstraße 22, A-4020 Linz (Austria).

physiologisch verursachten Formveränderungen des Silberliniensystems (z. B. Morphogenese, physiologische Regeneration) sind so konstant, daß sie genaue Aufschlüsse über die Art der ablaufenden Vorgänge ermöglichen (FOISSNER, 1970 a, b; FRANKEL, 1960, 1964; KLEIN, 1942; LENNAN, 1935).

Diese morphologische Konstanz kann aber, wie schon KLEIN (1942) und später viele andere Autoren (FOISSNER, 1969 b, c; FRANKEL, 1964, 1970; SIMPSON und WILLIAMS, 1970; WISE, 1965) demonstriert haben, durch experimentelle Einwirkungen durchbrochen werden. Es zeigen sich dann eine Vielzahl von formativen und strukturellen Veränderungen, die ebenso für Art und Grad der Schädigung charakteristisch sind (FOISSNER, 1968; KLEIN, 1942). Nur eine einzige Reaktion ist besonders weit verbreitet: die Umbildung von Streifensystemen und Weitmaschengittern in Engmaschengitter. Diese konnte sowohl nach chemischer (KLEIN, 1942), strahlenenergetischer (KLEIN, 1942; WISE, 1965) als auch mechanischer (FOISSNER, 1969 b, c) Beeinflussung festgestellt werden.

Auch bei den in der vorliegenden Studie beschriebenen spontan aufgetretenen formativen Veränderungen der Basalfibrillen ist die Tendenz zur Gitterbildung klar ersichtlich. Die Ursache dieser Störung ist unbekannt. Dennoch schien es dem Verfasser wert, sie zu beschreiben, weil sie einen guten Eindruck von den Reaktionsmöglichkeiten und der fibrillären Natur des Silberliniensystems vermitteln.

Material und Methode

Die abnormalen Individuen wurden in einer 20 Tage alten Kultur (Strohinfusion) von *Colpidium kleini* (FOISSNER, 1969 a) gefunden. Nach drei Tagen waren alle diese Individuen abgestorben und die Kultur ging zugrunde. Andere, unter ähnlichen Bedingungen gehaltene Kulturen zeigten nur normale Tiere.

Diese Veränderungen traten bei etwa 90% aller Individuen auf. Die Silberliniensysteme einiger Begleitorganismen (*Paramecium sp.* und *Colpidium campylum*) waren unverändert.

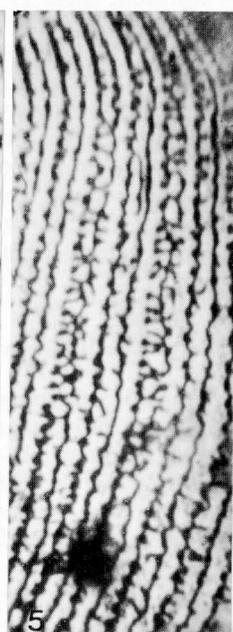
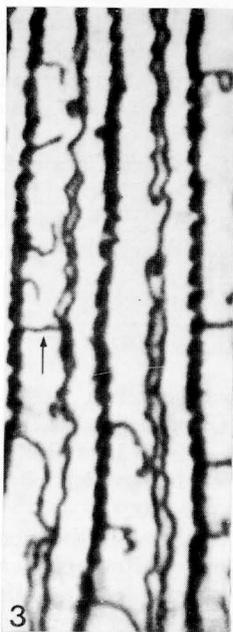
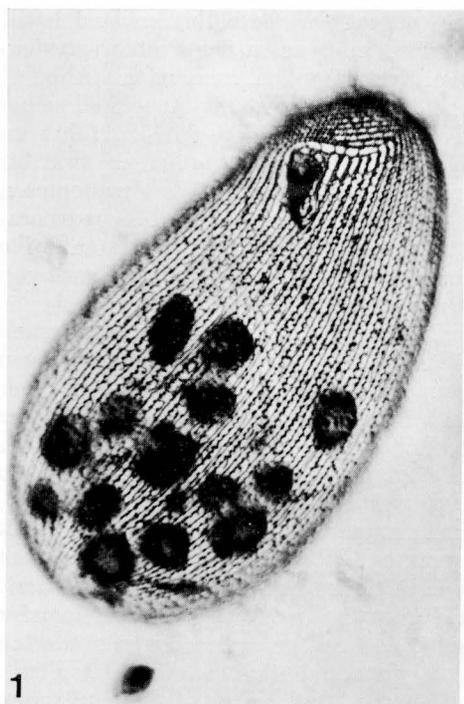
Die Versilberung erfolgte mit meiner „trockenen“ Modifikation (FOISSNER, 1967) der KLEINSchen Originalmethode (KLEIN, 1926).

Ergebnisse

Das normale Silberliniensystem von *Colpidium kleini* ist ein typisches Streifensystem. Abb. 1 vermittelt einen Gesamteindruck der Ventralseite. Leistungsmäßig lassen sich zwei Fibrillenarten unterscheiden: die Basalfibrillen (Abb. 4, Bf) mit den in ihnen liegenden Basalkörpern und die Protrichozystenfibrillen (Abb. 4, Pf),

Abb. 1. Ventralansicht des Silberliniensystems eines normalen Individuums. Nahe dem apikalen Pol befindet sich der dreieckförmige Oralapparat. Die tiefschwarz imprägnierten rundlichen Flecken sind Nahrungsvakuolen. Vergr. ca. 440:1. — Abb. 2. Dorsalansicht des Silberliniensystems eines abnormalen Individuums mit der strickleiterförmigen Aufteilung bei einem Großteil der Basalfibrillen. Vergr. ca. 590:1.

Abb. 3. Normales Silberliniensystem mit Anastomosen der Basalfibrillen zu den Protrichozystenfibrillen (Pfeil). Vergr. ca. 4200:1. — Abb. 4. Normales Silberliniensystem; Bf=Basalfibrillen, Pf=Protrichozystenfibrillen. Vergr. ca. 4200:1. — Abb. 5 (Vergr. ca. 870:1) und Abb. 6 (Vergr. ca. 3300:1). Abnormale Silberliniensysteme; die Veränderungen beginnen mit einer strickleiterartigen Aufteilung der Basalfibrillen in Richtung Protrichozystenfibrillen.



die die Relationskörper der Protrichozysten tragen. Die Basalfibrillen sind leicht gewellte, stark argyrophile Fibrillen, die in gewissen Stadien der Protrichozystenregeneration Anastomosen zu den Protrichozystenfibrillen aussenden (Abb. 3, Pfeil). Als Antwort auf die Entquellung scheidet *C. kleini* häufig einen Teil seiner Protrichozysten ab. Die unmittelbar danach einsetzende Regeneration führt zu einer Aufteilung der normalerweise einfachen Protrichozystenfibrillen in zwei bis drei parallel angeordnete Fibrillen, die untereinander durch viele Anastomosen verbunden sind und so eine gitterähnliche Struktur erzeugen. Ruhen diese regenerativen Vorgänge, so wechselt je eine Basalfibrille mit einer Protrichozystenfibrille ab (Abb. 4). Eine ausführlichere Beschreibung des normalen Silberliniensystems von *C. kleini* findet sich in einer früheren Arbeit des Autors (FOISSNER, 1969a).

Vergleicht man die Abbildungen 1, 3 und 4, die das normale Silberliniensystem von *C. kleini* zeigen, mit den Abbildungen 2 und 5—13, so treten die Veränderungen im Silberliniensystem sofort deutlich hervor. Sie manifestieren sich stets in einer reichen, oft mäanderförmigen (Abb. 8) Aufteilung und Anastomosenbildung der Basalfibrillen, wobei gabelförmig verzweigte Silberlinien besonders charakteristisch sind (Abb. 12, Pfeile). Die Veränderungen beginnen mit einer strickleiterartigen Aufteilung der Basalfibrillen in Richtung Protrichozystenfibrillen (Abb. 11, Pfeil). Durch weitere Verzweigung wird die Aufteilung immer ausgeprägter, so daß schließlich ein mehr oder weniger deutlich ausgeprägtes Gittersystem entsteht, das sich in der Umgebung der ursprünglich dort verlaufenden Basalfibrillen konzentriert. Basal- und Protrichozystenfibrillen sind in diesem Stadium vollständig ineinander übergegangen, wobei es manchmal vorkommt, daß mitten unter den veränderten Basalfibrillen ganz kleine Teile des Systems unverändert sind (Abb. 10, Pfeil). Es ist ein Charakteristikum dieser Veränderungen, daß sie nur lokal auftreten. Das Ausmaß der betroffenen Basalfibrillen war sehr verschieden. An vielen Individuen waren es nur ca. 10%, während es im Extremfall ca. 95% waren. Sehr häufig war der apikale Polbereich unverändert. Auch an sich teilenden Tieren konnten diese Störungen festgestellt werden. Auffällig ist ferner, daß sich keine Regenerationsvorgänge an den Protrichozystenfibrillen nachweisen lassen, obwohl dem System häufig keine oder nur wenige Protrichozysten angeschlossen sind (Abb. 5, 7), was normalerweise zu Veränderungen der Protrichozystenfibrillen führt.

In dieser Kultur fand sich ein starker Polymorphismus. Es traten Tiere auf, die um die Hälfte kleiner waren als normale Individuen derselben Kultur. Das Silberliniensystem dieser und der übergroßen Individuen war häufig überhaupt nicht oder nur sehr wenig verändert. Die normalgroßen Tiere wiesen durchschnittlich die stärksten Störungen auf.

Diskussion

Durch eine große Anzahl von morphologischen und experimentellen Untersuchungen kennen wir heute die Silberliniensysteme der Gattung *Colpidium* besonders genau (FOISSNER, 1969a, b, c, 1970a, b, c; KLEIN, 1928, 1934—1935, 1934, 1937, 1938, 1939, 1940, 1942). Die hier beschriebenen Veränderungen lassen sich aber keiner bisher bekannten zuordnen — sie stellen einen neuen Typus dar.

Interessant erscheint vor allem die Tatsache, daß nur ein Teil der Individuen diese Abnormalität aufwies, während die anderen und auch die Begleitorganismen ein durchaus normales Silberliniensystem zeigten. Dies läßt vermuten, daß die Ursache nicht in irgendwelchen äußeren Umständen zu suchen ist, sondern daß

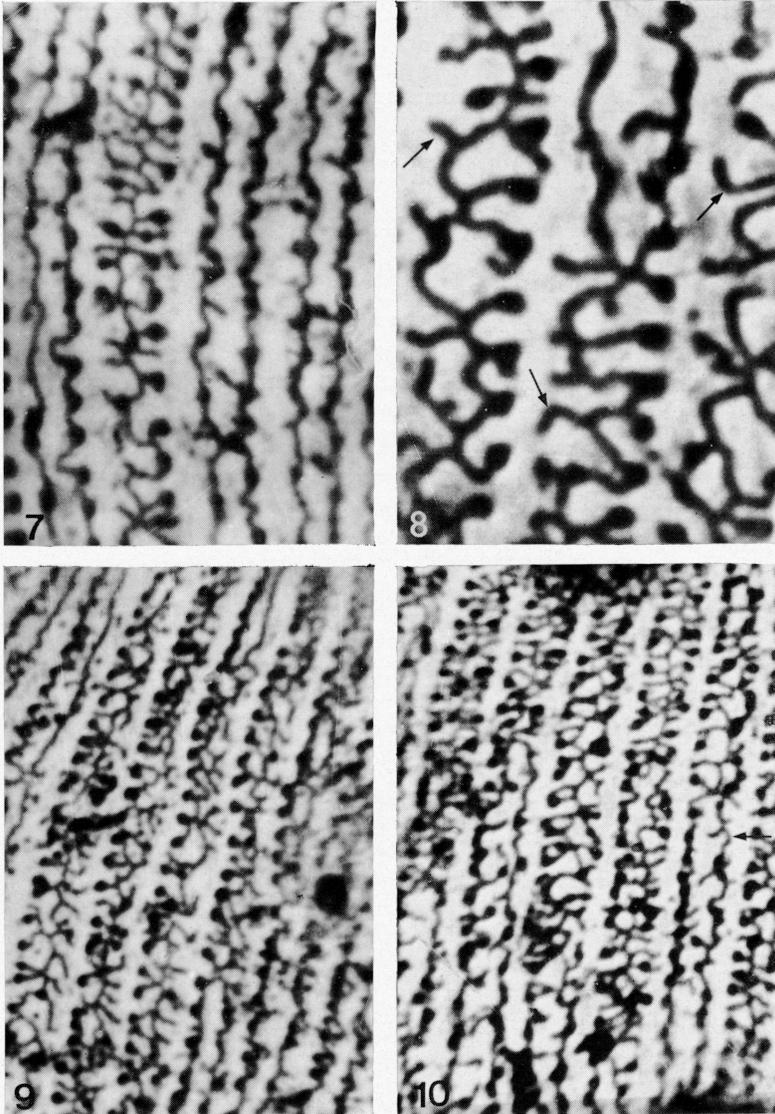


Abb. 7 (Vergr. ca. 4000:1) und Abb. 8 (Vergr. ca. 500:1) wie Abb. 5 und 6. Mäanderförmige Aufteilung und Anastomosenbildung der Basalfibrillen (Abb. 8, Pfeile). — Abb. 9 und Abb. 10. Durch weitere Verzweigung und Anastomosenbildung entsteht schließlich ein gitterähnliches Silberliniensystem; unverändertes Teilstück des Systems unter den veränderten Basalfibrillen (Abb. 10, Pfeil). Vergr. ca. 1900:1.

es sich hier vielleicht um eine genetische Irritation handelt, worauf auch der starke Polymorphismus hinweist. Es muß aber betont werden, daß keine wirklich stichhaltigen Beweise dafür vorliegen. Störungen der Kortextstruktur und des Silberliniensystems infolge von verschiedenen experimentellen Eingriffen in das Teilungsgeschehen, z. B. Hitzeschock (FRANKEL, 1964; HOLZ, SCHERBAUM und WILLIAMS, 1970), Mitosehemmer (CLEFFMANN, 1969; HAIGHT und BURCHILL, 1970) sind in letzter Zeit mehrfach beschrieben worden.

Solche abnormale Silberliniensysteme werfen erneut die Frage nach der Natur des Silberliniensystems auf! Sollen dies wirklich durch die Alveolen gebildete Spalten oder Falten der Pellikula sein, die sich „lediglich“ durch eine besondere chemische Affinität mit Silber anfärben, wie dies heute häufig angenommen wird (z. B. ALLEN, 1967; BRADBURY, 1965; PITEKKA, 1961)? Die dynamischen Erscheinungsformen, von denen die hier gezeigten Abbildungen nur einen sehr kleinen Ausschnitt präsentieren, sprechen eher für die von KLEIN (1942) und auch vom Autor wiederholt vorgeschlagene Fibrillennatur (FOISSNER, 1969b, c, 1970c). Zum Beispiel dürften sich die gabelförmigen Verzweigungen der Abb. 12 oder die kurzen rechtwinkelig auswachsenden Silberlinien der Abb. 8 (Pfeile) nur sehr schwer mit der Aleolarhypothese interpretieren lassen. Nimmt man dagegen dynamische Fibrillen an, so können die vielfältigen Verzweigungsformen der Silberlinien zwanglos aus den für rotierende Proteinschrauben geltenden Gesetzen (JAROSCH, 1965, 1968, 1969) abgeleitet werden.

Literatur

- ALLEN R. D.: Fine structure, reconstruction and possible functions of components of the cortex of *Tetrahymena pyriformis*. J. Protozool. 14 (1967): 553—565.
- BRADBURY P. C.: The infraciliature and argyrome of *Ophistonecta henneguyi* FAURE-FREMIET. J. Protozool. 12 (1965): 345—363.
- CLEFFMANN G.: Wachstumsparameter in normalen und durch Actinomycin verlängerten Zellzyklen von *Tetrahymena*. Z. Naturforschg. 24b (1969): 1624—1629.
- CORLISS J. O.: The Ciliated Protozoa. Pergamon Press (1961).
- FOISSNER W.: Wimpertiere im Silberpräparat. Ein verbessertes „trockenes“ Verfahren zur Darstellung des Silberliniensystems. Mikrokosmos 4 (1967): 122—126.
- FOISSNER W.: Schädigungen des Silberliniensystems. Das neuroformative System reagiert empfindlich. Mikrokosmos 12 (1968): 364—370.
- FOISSNER W.: Eine neue Art aus der Gattung *Colpidium* (STEIN, 1860): *Colpidium kleini*. Acta Protozool. 7 (1969a): 17—23.
- FOISSNER W.: Reaktionen des Silberliniensystems der Ciliaten auf mechanische Insulte. I. Teil. Protoplasma 68 (1969b): 23—45.
- FOISSNER W.: Reaktionen des Silberliniensystems der Ciliaten auf mechanische Insulte. II. Teil. Protoplasma 68 (1969c): 433—456.
- FOISSNER W.: Silberliniensystem und Formbildung. Mikrokosmos 2 (1970a): 52—57.
- FOISSNER W.: Spontane Teilungsmaßbildungen bei *Colpidium kleini* (Ciliata, Holotricha). Arch. Protistenk. 112 (1970b): 99—105.
- FOISSNER W.: Corticale Morphogenese bei *Colpidium kleini* (Ciliata, Holotricha). Acta Protozool. 8 (1970c): 129—142.
- FRANKEL J.: Morphogenesis in *Glaucoma chattoni*. J. Protozool. 7 (1960): 362—376.
- FRANKEL J.: Morphogenesis and division in chains of *Tetrahymena pyriformis* GL. J. Protozool. 11 (1964): 514—526.
- FRANKEL J.: The synchronization of oral development without cell division in *Tetrahymena pyriformis* GL-C¹. J. Exp. Zool. 173 (1970): 79—99.
- HAIGHT J. M. and B. R. BURCHILL: The effects of Colehicine and Colcemid on oral differentiation in *Stentor coeruleus*. J. Protozool. 17 (1970): 139—144.

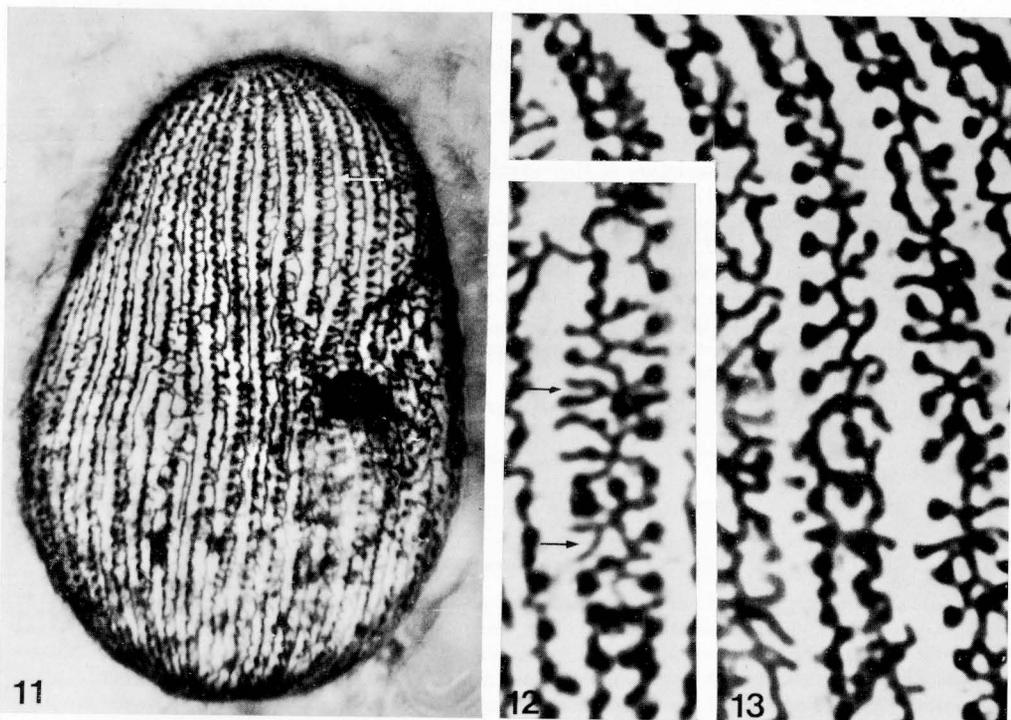


Abb. 11. Dorsalansicht des Silberliniensystems eines abnormalen Individuums mit strickleiterförmiger Aufteilung (Pfeil) bei einem Großteil der Basalfibrillen. Vergr. ca. 560:1. — Abb. 12 und Abb. 13. Durch weitere Verzweigung und Anastomosenbildung entstandenes gitterähnliches Silberliniensystem mit den für diese Abnormalität besonders charakteristischen gabelförmigen Verzweigungen (Abb. 12, Pfeile). Vergr. ca. 4200:1.

HOLZ G. G., O. H. SCHERBAUM and N. WILLIAMS: The arrest of mitosis and stomatogenesis during temperature-induction of synchronous division in *Tetrahymena pyriformis*, mating type I, variety I. Exp. C. Res. 13 (1958): 618—621.

JAROSCH R.: Über Kontakt und Verzweigung der Protein-Schrauben. Österr. Bot. Z. 112 (1965): 500—542.

JAROSCH R.: Zur Dynamik feiner Pseudopodien von Hochmoor-Amoeben. Protoplasma 65 (1968): 363—377.

JAROSCH R.: Das sterische Verhalten der Alpha-Helix. Z. Naturforschg. 24b (1969): 672—680.

KLEIN B. M.: Über eine neue Eigentümlichkeit der Pellicula von *Chilodon uncinatus* EHRBG. Zool. Anz. 67 (1926): 1—2.

KLEIN B. M.: Die Silberliniensysteme der Ciliaten. Weitere Resultate. Arch. Protistenk. 62 (1928): 163—246.

KLEIN B. M.: Reaktionen des Silberliniensystems auf Schädlichkeiten I und II. Boll. zoll. Sup. Agr. Mil. 4 u. 6 (1934—35): 1—36, 1—46.

KLEIN B. M.: Miß- bzw. Doppelbildungen am Silberliniensystem von Ciliaten. Arch. Protistenk. 90 (1938): 292—298.

KLEIN B. M.: Silberliniensystem und Cytopygentätigkeit. Arch. Protistenk. 92 (1939): 401—407.

KLEIN B. M.: Verschiedenartige Entformungen entquellender Ciliaten. *Cytologia* 10 (1940): 423—433.

KLEIN B. M.: Das Silberlinien- oder neuroformative System der Ciliaten. *Ann. Naturhist. Museums Wien* 53 (1942): 156—336.

LENNAN R. F.: Dedifferentiation and redifferentiation in *Ichthyophthirius*. I. Neuromotor system. *Arch. Protistenk.* 86 (1935): 191—210.

PITELKA D. R.: Fine structure of the silverline and fibrillar systems of three *tetrahymenid* Ciliates. *J. Protozool.* 8 (1961): 75—89.

RAABE Z.: Ordo Thigmotricha (Ciliata, Holotricha). *Acta Protozool.* 5 (1967): 1—36.

SIMPSON R. E. and N. E. WILLIAMS: The effect of pressure on cell division and oral development in *Tetrahymena*. *J. Exp. Zool.* 175 (1970): 85—94.

TUFFRAU M.: Révision du genre *Euplotes*, fondée sur la comparaison des structures superficielles. *Hydrobiologia* 15 (1960): 1—77.

WISE B. N.: Effects of ultraviolet microbeam irradiation on morphogenesis in *Euplotes*. *J. Exp. Zool.* 159 (1965): 241—268.