
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI
RENDICONTI

SANDRO TRIPEPI, ABELE SAITA

**Analisi ultrastrutturale della spermatogenesi in
Euscorpius carpathicus L.**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 69 (1980), n.3-4, p.
199-208.*

Accademia Nazionale dei Lincei

[<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1980_8_69_3-4_199_0>](http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1980_8_69_3-4_199_0)

L'utilizzo e la stampa di questo documento digitale è consentito liberamente per motivi di ricerca e studio. Non è consentito l'utilizzo dello stesso per motivi commerciali. Tutte le copie di questo documento devono riportare questo avvertimento.

*Articolo digitalizzato nel quadro del programma
bdim (Biblioteca Digitale Italiana di Matematica)
SIMAI & UMI*

<http://www.bdim.eu/>

SEZIONE III

(Botanica, zoologia, fisiologia e patologia)

Zoologia. — *Analisi ultrastrutturale della spermatogenesi in Euscorpis carpathicus L. (*)*. Nota (**) di SANDRO TRIPEPI e ABELE SAITA, presentata dal Socio S. RANZI.

SUMMARY. — The ultrastructure of the testis of the scorpion *Euscorpis carpathicus* during the spermiogenesis has been studied.

The testis is a septate tube, that is subdivided in several compartments, limited by septa of laminar cells. In each compartment the germinal cells are at the same stage of development.

Spermatogonia, spermatocytes and young spermatides are spherical cells with different size and different nuclear cytoplasmic ratio, distinguishable by a different configuration of mitochondria. They are connected by cytoplasmic bridges.

In the early spermatids the nucleus adheres to cytoplasmic membrane, where a laminar acrosome develops; the mitochondria adhere to the nuclear envelope at the opposite side of the laminar acrosome.

In the intermediate spermatids the nucleus shows a conical shape and chromatin condensation starts. The postnuclear cytoplasm comprises the proximal and distal centriole, surrounded by a specialization of endoplasmic reticulum, that appears as a spongy membranous complex.

In the late spermatid the nucleus becomes lanceolate, with the chromatin longitudinally arranged in 10 nm thick lamellae. The middle piece contains 7-8 mitochondrial derivatives, forming a collar around a central flagellar tunnel. The flagellum shows an axonemal pattern 9 + 0 with radial filaments projected towards the center, arranged in helical fashion.

The peculiarities of this long shaped sperm are analyzed and discussed in relation to the different sperm shape in the other orders of the Arachnida.

La spermatogenesi nell'ordine *Scorpiones* è stata studiata al M. O. in modo piuttosto ampio. Esistono lavori molto accurati per quanto riguarda scorpioni europei (Sokoloff, 1913; Tuzet, 1938), indiani (Nath, 1925; Gatenby e Bhattacharya, 1925) e americani (Wilson, 1916; 1931). Dai dati di microscopia ottica risulta con evidenza che la forma della testa dello spermio è spiralata solo nei *Buthidae*, mentre nelle altre famiglie sinora studiate (*Scorpionidae*, *VejoVIDae* e *Chactidae*) lo spermio possiede una testa lanceolata. Nei suddetti lavori si è sottolineata anche la fusione dei mitocondri durante la spermiogenesi per dare origine a diverse spirali mitocondriali nel pezzo intermedio dello spermio. Wilson (1931) distigue due modalità nella fusione dei mitocondri: il tipo *Centrurus* (*Buthidae*), in cui si forma un anello mitocondriale, ed il tipo *Opistacanthus* (*Scorpionidae*), nel quale si formano condriosfere. È noto che grossi mitocondri o « condriosfere » si formano anche nei *VejoVIDae* e nei *Chactidae* in numero variabile a seconda della specie.

(*) Ricerche eseguite nel Laboratorio di Microscopia Elettronica dell'Università della Calabria con i contributi (Art. 286 T. U.) del Ministero della Pubblica Istruzione.

(**) Pervenuta all'Accademia il 12 settembre 1980.

Più scarse sono le indagini ultrastrutturali: riguardano la spermiogenesi in *Tityus bahiensis* (Da Cruz-Landim e Ferreira, 1971), appartenente alla famiglia *Buthidae*, e la spermiogenesi in tre specie appartenenti alla famiglia *Vejovidae* (Jespersen e Hartwick, 1973; Phillips, 1974). È stata compiuta anche un'indagine sull'ultrastruttura del flagello nello spermio di specie appartenenti alle due suddette famiglie (Hood *et al.*, 1972).

Si è voluto, quindi, osservare al M. E. la spermatogenesi in una specie della famiglia *Chactidae*, *Euscorpium carpathicus*; già esistono osservazioni (André, 1959) condotte sui mitocondri dello spermatozooto di *Euscorpium flavicaudis*, ma esse non forniscono alcun dato sul differenziamento dello spermio.

È infatti opportuno analizzare ampiamente l'evoluzione degli organuli cellulari durante tutto il processo della spermatogenesi, poiché lo spermio maturo degli scorpioni presenta una morfologia significativamente differente da quella dello spermio di tutti gli altri Aracnidi.

Esemplari di *Euscorpium carpathicus*, catturati nel mese di Agosto sull'altipiano di Potame nell'Appennino Calabrese, sono stati addormentati con cloroformio e sezionati. Piccoli frammenti di testicolo sono stati fissati per due ore in glutaraldeide al 3% in tampone fosfato pH 7,2 secondo Millonig (1976) e in paraformaldeide-glutaraldeide secondo Karnowsky (1965). I campioni sono stati poi lavati in tampone fosfato e sottoposti per due ore a postfissazione in tetrossido di Osmio 1%. Dopo disidratazione con etanolo, colorazione in acetato di uranile e passaggio in ossido di propilene, i campioni sono stati inclusi in Epon-Araldite. Sezioni semifini sono state colorate con blu di toluidina; sezioni sottili contrastate con citrato di piombo sono state osservate al Microscopio Elettronico Hitachi HU-12 A.

Struttura del testicolo: il testicolo è formato da quattro tubuli posti parallelamente; i due tubuli laterali sono connessi ai due tubuli mediali mediante tubuli trasversali. Anteriormente i quattro tubuli si riuniscono a due a due, formando due deferenti che sboccano nelle vescicole seminali.

Esternamente ogni tubulo testicolare è rivestito da uno strato di cellule epiteliali estremamente appiattite, al di sotto delle quali si trovano cellule muscolari interposte a sottili strati connettivali (Tav. I, fig. 3). Sia in sezione trasversale (Tav. I, fig. 1) che in sezione longitudinale i tubuli testicolari si presentano divisi in scomparti in numero di diverse centinaia, ciascuno dei quali contiene a sua volta diverse centinaia di cellule germinali. Gli scomparti sono addossati alla parete del testicolo, lasciando solo una piccola fessura verso il centro del tubulo testicolare, e risultano separati gli uni dagli altri da sottili lamine o setti epiteliali. Al M. E. si può notare che queste lamine sono composte da numerosi lembi citoplasmatici appiattiti, ricchi di giunzioni ed interdigitazioni (Tav. VII, fig. 23). Probabilmente per questo motivo mantengono con una certa costanza la loro configurazione anche quando le cellule germinali maturano, diminuiscono di volume e occupano sempre meno spazio all'interno degli scomparti.

In ciascun scomparto le cellule germinali si trovano tutte allo stesso stadio di sviluppo, per cui in sezione trasversale (Tav. I, fig. 1) si possono vedere scomparti occupati soltanto da spermatogoni, altri da spermatozooti oppure

da spermatidi a vari stadi di maturazione. Poiché in sezioni condotte a vari livelli del testicolo si trovano scomparti contenenti spermatozoi maturi strettamente addossati tra loro, si può ritenere che gli spermatozoi entrano nel lume del tubulo testicolare solo quando discendono verso la vescicola seminale per riunirsi a formare il contenuto della spermatofora.

Spermatogoni e spermatociti: le cellule germinali indifferenziate hanno forma approssimativamente poliedrica in quanto accollate le une alle altre senza interposizione di evidenti spazi intercellulari. Gli spermatogoni (Tav. I, figg. 2 e 3) si possono distinguere dagli spermatociti (Tav. II, figg. 4 e 5) per varie caratteristiche. Nei primi il nucleo occupa gran parte della cellula e contiene piccole zolle di cromatina addensata ed un nucleolo molto evidente; negli altri invece il rapporto nucleo-citoplasmatico diminuisce, le zolle di cromatina appaiono più evidenti e scompare il nucleolo. Tuttavia il criterio di distinzione più immediato si ricava dalla diversità nella struttura dei mitocondri. Negli spermatogoni essi risultano molto piccoli, numerosi e sparsi uniformemente nel citoplasma e presentano una normale configurazione ultrastrutturale delle creste interne (Tav. I, figg. 2 e 3). Negli spermatociti aumentano di dimensioni e si riducono di numero, formando grosse sfere cupuliformi (condriosfere ad U), e si modifica l'organizzazione delle creste interne. Occasionalmente abbiamo anche osservato (Tav. II, fig. 5) come al termine della meiosi già avvenga la ripartizione numerica delle condriosfere, che vanno a localizzarsi in settori citoplasmatici simmetricamente opposti prima che abbia luogo la citodieresi.

Sia negli spermatogoni che negli spermatociti sono presenti numerosi apparati di Golgi e cisterne del reticolo liscio. Si nota anche con grande frequenza che gli spermatociti si mantengono in rapporto tra loro sia mediante ponti citoplasmatici, che derivano da citodieresi incomplete, come pure mediante la giustapposizione delle rispettive membrane plasmatiche. Queste giustapposizioni sono così estese da non lasciare spazi intercellulari e risultano evidenziate da un materiale elettron-denso che occupa il sottile spazio regolare, che è interposto fra le membrane affiancate.

Giovane spermatide: a scopo puramente descrittivo possiamo riconoscere nella spermiogenesi tre stadi ben distinguibili morfologicamente: giovane spermatide, spermatide intermedio e spermatide differenziato. I giovani spermatidi sono cellule con nucleo sferico, in un primo tempo molto aderenti tra loro e connessi mediante ponti citoplasmatici, che si separano poi gradualmente, lasciando ampi spazi. La persistenza di tali ponti citoplasmatici (Tav. II, fig. 6) è indice di tardiva citodieresi, che permane anche quando i gruppi di spermatidi cominciano a staccarsi fra di loro (Tav. III, fig. 9). In questo stadio i limiti cellulari sono marcati sia dalla particolare densità del materiale intercellulare sia dalle cisterne appiattite del reticolo immediatamente sottostante alla citomembrana. Nel giovane spermatide risultano maggiormente evidenti le modificazioni dell'apparato del Golgi, che dà origine al materiale proacro-

somiale, le modificazioni a carico dei mitocondri, che vanno ad appoggiarsi alla cisterna perinucleare, e le prime modificazioni del nucleo. Quest'ultimo mostra dapprima una cromatina finemente dispersa (Tav. II, fig. 6), che comincia poi ad addensarsi in numerose masse osmiofile (Tav. III, fig. 8; Tav. IV, fig. 11). In seguito la cromatina si raccoglie in un'unica massa globosa situata al centro del nucleo, lasciando un alone di nucleoplasma (Tav. IV, fig. 12).

Contemporaneamente all'addensarsi della cromatina si verifica uno spostamento del nucleo nella cellula verso la zona dell'apparato di Golgi fino ad aderire ad una lamina elettron-densa addossata alla membrana cellulare (Tav. IV, fig. 11). Questa lamina elettron-densa darà origine all'acrosoma e contiene quindi materiale derivato dal Golgi. L'apparato del Golgi, infatti, costituito da numerosi gruppi di cisterne appiattite (Tav. IV, fig. 10), va riducendosi e si pone in prossimità della lamina acrosomiale (Tav. IV, fig. 11), per scomparire completamente in uno stadio più avanzato di maturazione del giovane spermatozoo.

Nello stesso tempo le condriosfere mitocondriali si trasformano da cupuliformi (Tav. IV, fig. 10) in masse sferiche ed aderiscono alla cisterna perinucleare nella zona opposta a quella occupata dall'apparato di Golgi prima e dalla lamina acrosomiale poi (Tav. IV, fig. 12). Le creste mitocondriali si modificano anastomizzandosi in varie direzioni.

Spermatozoo intermedio: indichiamo con il nome di spermatozoo intermedio lo stadio in cui lo spermatozoo subisce i processi di allungamento. Gli spermatozoi occupati da spermatozoi intermedi mostrano, osservati al M. O., delle cellule allungate non più aderenti tra loro né orientate in modo particolare (Tav. V, fig. 13). In questo stadio si realizza la condensazione della cromatina nel nucleo, lo sviluppo dell'acrosoma e del perforatorio e la prima sistemazione degli organuli cellulari nel pezzo intermedio.

La condensazione della cromatina avviene gradatamente con la riduzione del nucleoplasma; il nucleo dello spermatozoo emerge dalla cellula, trascinando la membrana plasmatica che aderisce quasi completamente alla cisterna perinucleare: appare così la primitiva forma della futura testa dello spermatozoo. A questo stadio essa si presenta come un tronco di cono del diametro di circa 3μ alla base e alto circa 5μ (Tav. V, fig. 14).

Al di sotto della lamina acrosomiale compare l'abbozzo del perforatorio (Tav. V, fig. 15), che si presenta invaginato come un cuneo nella parte apicale del nucleo.

Posteriormente al nucleo si osserva la formazione del pezzo intermedio. In esso si trovano i due centrioli, una cospicua massa di materiale membranoso e i mitocondri. Questi ultimi, in numero di 7-8, sono piuttosto corti ed appiattiti contro la membrana citoplasmatica del pezzo intermedio e presentano quasi costantemente una piccola cavità nella loro parte distale (Tav. V, fig. 14). Alla base del nucleo in una zona libera da materiale membranoso si possono vedere i due centrioli, che in questo stadio si presentano allineati secondo

l'asse del nucleo (Tav. V, fig. 16). Il centriolo distale dà origine al flagello che già a questo livello di maturazione decorre in un tunnel flagellare circondato da lembi citoplasmatici contenenti i mitocondri.

Spermatide più avanzato: gli spermatidi che presentano un maggior grado di maturazione sono situati in gran numero in piccoli scomparti, all'interno dei quali appaiono addossati e avvolti tra loro in modo piuttosto ordinato quasi come nella spermatofora (Tav. VII, fig. 23).

Rispetto allo stadio precedente l'aspetto dello spermatide è pressoché simile a quello dello spermio maturo. Il nucleo, del diametro di circa 0,5-0,7 μ , assume forma lanceolata mentre la cromatina costituisce un reticolo paracristallino, formato da lamelle elettrone-dense dello spessore di circa 100-150 Å, ben evidenti in sezione trasversale (Tav. VI, fig. 18). Probabilmente per questo motivo l'allungamento del nucleo avviene in assenza di manchette o di fasci di microtubuli perinucleari, come si verifica in altri spermii.

All'apice del nucleo in sezione trasversale si osserva, situata centralmente, la cavità contenente il perforatorio. Esternamente alla parte apicale del nucleo l'acrosoma forma un cappuccio, che si presenta sempre interrotto da un piccolo solco (Tav. VI, fig. 18). Il pezzo intermedio è molto lungo e presenta degli aspetti caratteristici: nella zona dove si trovano i mitocondri (Tav. VI, fig. 20) si osserva al centro un piccolo tunnel flagellare, circondato da materiale membranoso. I mitocondri sono molto lunghi, si avvolgono a spirale e giacciono contro la membrana cellulare. Nella zona dove essi terminano è presente ancora il tunnel flagellare, il quale è circondato da una piccola area citoplasmatica, che va riducendosi fino a scomparire (Tav. VI, fig. 21). Il pezzo principale della coda contiene soltanto l'assonema (Tav. VI, fig. 22), che come negli altri Scorpioni presenta il tipo di organizzazione costituito da 9 + 0 coppie di microtubuli. In sezione trasversale si può notare come da ciascuna coppia di microtubuli parta un sottile filamento radiale (Tav. VI, fig. 21), che si interrompe prima di raggiungere il centro dell'assonema. Questi filamenti sono uniti tra loro da ponti che formano tutti insieme una struttura interna all'assonema, la quale in sezione longitudinale appare essere elicoidale (Tav. VI, fig. 19).

Conclusioni: Dai dati sopra descritti si possono mettere in evidenza le analogie e le differenze con la spermiogenesi negli altri Aracnidi.

La presenza di ponti citoplasmatici, osservati già a livello di spermatogoni, si nota anche nello stadio di spermatidio primario, quando già la cellula manifesta i segni della polarità (mitocondri accollati al nucleo da banda opposta all'acrosoma in formazione). Ponti intercellulari persistono per lungo tempo negli Opilioni (Reger, 1969) e nelle zecche (Breucker und Horstmann, 1972), mentre si notano solamente in fasi precoci della spermiogenesi nei ragni (Reger, 1970).

Già nello stadio di spermatide intermedio come nel successivo processo di differenziamento si osservano delle modificazioni morfologiche che portano

alla formazione di uno spermio allungato, nel quale gli organuli si dispongono a formare tre zone: la testa, il pezzo intermedio e il pezzo principale della coda. Per questo motivo lo spermio degli scorpioni differisce da quello di tutti gli altri Aracnidi finora studiati e assomiglia piuttosto allo spermio allungato di tipo classico sia degli Invertebrati che dei Vertebrati. Negli altri ordini di Aracnidi infatti la forma dello spermio è molto varia. Negli Uropigi (Phillips, 1976) lo spermatide subisce dapprima un lieve processo di allungamento con la formazione della coda, che viene però riassorbita in uno spermatozoo sferico. Negli Amblipigi (in corso di stampa) si ha un processo analogo. Negli Araneidi (Reger, 1970; Baccetti *et al.*, 1970) si sono sempre osservati spermi sferici, contenenti l'assonema avvolto nel citoplasma. Negli Opilioni (Reger, 1969; Juberthie e Manier, 1976, 1977 *a*, 1977 *b*) lo spermio è appiattito, lenticolare, incurvato a forma di coppa e privo di assonema; vi sono alcune differenze nello spermio degli Opilioni Cifoftalmi (Juberthie *et al.*, 1976), i quali ultimi vengono però considerati da alcuni autori un gruppo a sé stante (Savory, 1977). Negli Acari (Reger, 1961, 1963, 1971; Alberti e Storch, 1976; Breucker e Horstmann, 1968, 1972; Brinton *et al.*, 1974) lo spermio è completamente diverso dalla forma usuale: esso consiste in una struttura tubulare a doppia parete, in cui nucleo ed acrosoma sono disposti generalmente in posizione caudale e in cui l'assonema è assente. Infine negli Pseudoscorpioni (Legg, 1973; Boissin, 1974) lo spermio può essere diviso in tre gruppi morfologici distinti: spermi discoidali con nucleo e coda avvolti all'interno perifericamente; spermi sferici con nucleo e coda avvolti all'interno; spermi reniformi con nucleo e coda avvolti a forma di ferro di cavallo.

Poiché mancano dati ultrastrutturali relativi ad altri ordini e poiché anche i dati esistenti sono piuttosto frammentari non si possono per ora stabilire delle comparazioni che riflettano dei caratteri evolutivi. Si può notare però che molti spermi, i quali a maturazione sono sferici con la coda riassorbita, attraversano uno stadio di differenziamento precoce, in cui presentano la forma allungata con acrosoma e nucleo nella testa e una coda emergente al lato opposto (Uropigi, Amblipigi, Opilioni Cifoftalmi, Araneidi, etc.).

Per quanto riguarda poi le strutture particolari dello spermio in *Euscorpionus carpathicus* va notato che l'acrosoma ed il perforatorio sono disposti, il primo a forma di cappuccio ed il secondo a bacchetta, in una invaginazione all'apice del nucleo, nella zona anteriore della testa come nella generalità degli spermi. Anche negli Aracnidi queste due strutture esistono, a volte modificate, ma scompaiono negli spermi che vanno incontro alle più inconsuete trasformazioni. L'allungamento del nucleo avviene parallelamente alla condensazione della cromatina. Già è stato fatto notare (Phillips, 1974) che questa modificazione del nucleo non è accompagnata da una manichetta di microtubuli perinucleari. Si può ritenere che i microtubuli non siano necessari, perché la condensazione della cromatina dà origine ad una struttura paracristallina, come si è descritto, la quale da sola provvede all'allungamento del nucleo ed alla configurazione della testa dello spermio.

Il centriolo distale, che dà origine all'assonema, si conserva nello spermio maturo di *Euscorpium carpathicum*: questa è una caratteristica generale degli spermii nei quali si ha il processo di formazione della coda. Lo si nota infatti anche negli Uropigi ed Amblipigi durante lo stadio di spermio allungato e persino nello spermiogenesi degli Opilionidi, il cui spermio maturo non possiede assonema.

La struttura spugnosa di membrane che circonda la parte anteriore dell'assonema è caratteristica dello spermio degli scorpioni; essa è stata riscontrata in altre specie (Da Cruz-Landim e Ferreira, 1971; Jespersen e Hartwick, 1973), ma non se ne conosce il significato.

Tipico degli scorpioni è anche l'accollamento dei mitocondri alla parte posteriore del nucleo del giovane spermatide. Questa particolarità non sembra poter avere però alcun significato funzionale nel processo di condensazione della cromatina, come riferito in alcuni Anellidi Lumbricidi (Martinucci e Felluga, 1979); infatti i mitocondri conservano scarsi o nulli rapporti spaziali con il nucleo in allungamento e vanno a porsi nel pezzo intermedio della coda prima che avvenga la condensazione della cromatina.

Nello spermio maturo di *Euscorpium carpathicum* i mitocondri costituiscono alla periferia del pezzo intermedio 7-8 formazioni bastoncellari a struttura elicoidale. Queste strutture si possono considerare come derivati mitocondriali, perchè le creste interne dei mitocondri risultano piuttosto modificate. Nei *Buthidae* sono presenti soltanto 2 derivati mitocondriali e nei *Vejovidae* da 4 a 7. Negli altri Aracnidi generalmente non si hanno modificazioni ultrastrutturali a carico dei mitocondri, tranne che negli Pseudoscorpioni (Boissin, 1974).

Il flagello dello spermio di *Euscorpium carpathicum* decorre per un lungo tratto in un tunnel flagellare ed emerge poi libero. L'assonema possiede una configurazione del tipo $9 + 0$, mentre negli Pseudoscorpioni si ha il modello tipico $9 + 2$ e negli altri ordini di Aracnidi con spermio flagellato si osserva la configurazione $9 + 3$. La mancanza di una coppia di microtubuli centrali non esclude che lo spermio possa muoversi mediante il flagello; esempi di spermii mobili con assonema $9 + 0$ sono stati osservati in altri gruppi come Turbellari (Costello *et al.*, 1969), Policheti (Afzelius, 1962) ed Insetti (Phillips, 1969).

Nell'ambito dell'ordine degli Scorpioni queste osservazioni mostrano come la spermiogenesi in *Euscorpium carpathicum*, appartenente alla famiglia *Chactidae*, sia piuttosto simile alla spermiogenesi dei *Vejovidae* anziché a quella dei *Buthidae*, specialmente per quanto concerne la strutturazione della cromatina condensata nell'originare la forma della testa dello spermio. Ciò sarebbe in accordo con l'ipotesi sostenuta anche recentemente (Savory, 1977), secondo la quale i *Buthidae* rappresenterebbero una linea evolutiva distinta da quella delle rimanenti famiglie degli Scorpioni.

LAVORI CITATI

- ALBERTI G. e STORCH V. (1976) - « Zoomorphologie », 83, 283-296.
 AFZELIUS B. A. (1962) - « Proc. Int. Congr. 5th Electron Microsc. », 2, M. 1.
 ANDRÈ J. (1959) - « J. Ultrastruct. Res. », 2, 288-308.
 BACCETTI B., DALLAI R. e ROSATI F. (1970) - « J. Cell. Biol. », 44, 681-683.
 BOISSIN L. (1974) - « Arch. Zool. exp. gén. », 115, 169-184.
 BREUCKER H. e HORSTMANN E. (1968) - « Z. Zellforsch. », 88, 1-22.
 BREUCKER H. e HORSTMANN E. (1972) - « Z. Zellforsch. », 123, 18-46.
 BRINTON L. P., BURGDORFER W. e OLIVER J. H. (1974) - « Tissue & Cell », 6 (1), 109-125.
 COSTELLO D. P., HENLEY C. e AULT C. R. (1969) - « Science », 163, 678-679.
 DA CRUZ-LANDIM C. e FERREIRA A. (1972) - « Caryologia », 25, 125-135.
 GATENBY J. B. e BHATTACHARYA D. R. (1925) - « Le Cellule », 35, 252-266.
 HOOD R. D., WATSON O. F., DEASON T. R. e BENTON C. L. P. (1972) - « Cytobios. », 5, 167-177.
 JESPERSEN A. e HARTWICK R. (1973) - « J. Ultrastruct. Res. », 45, 366-383.
 JUBERTHIE C., MANIER J. F. e BOISSIN L. (1976) - « J. Microscopie Biol. Cell. », 25, 137-148.
 JUBERTHIE C. e MANIER J. F. (1976) - « Ann. Speleol. », 31, 193-201.
 JUBERTHIE C. e MANIER J. F. (1977a) - « Revue Arachnologique », 1 (3), 103-115.
 JUBERTHIE C. e MANIER J. F. (1977b) - « Bull. Soc. Zool. France », 102 (2), 145-151.
 KARNOWSKY M. J. (1965) - « J. Cell. Biol. », 27, 137A.
 LEGG G. (1973) - « J. Zool. Lond. », 170, 429-440.
 MARTINUCCI G. B. e FELLUGA B. (1979) - « J. Submicr. Cytol. », 11 (2), 221-228.
 MILLONIG G. (1976) - *Laboratory manual of biological electron microscopy*, Saviolo, Vercelli.
 NATH V. (1925) - « Quart. Jour. Micr. Sci. », 69, 643-658.
 PHILLIPS D. M. (1974) - « J. Cell. Biol. », 62, 911-917.
 PHILLIPS D. M. (1976) - « J. Ultrastruct. Res. », 54, 397-405.
 REGER J. F. (1961) - « J. Ultrastruct. Res. », 5, 584-599.
 REGER J. F. (1963) - « J. Ultrastruct. Res. », 8, 607-621.
 REGER J. F. (1969) - « J. Ultrastruct. Res. », 28, 422-434.
 REGER J. F. (1970) - « J. Morph. », 130, 421-434.
 REGER J. F. (1971) - « J. Ultrastruct. Res. », 36, 732-742.
 SAVORY T. (1977) - *Arachnida*, Academic Press, London.
 SOKOLOFF I. (1913) - « Arch. Zellforsch. Mikrosk. Anat. », 9, 399-432.
 TUZET O. (1938) - « Arch. Zool. exp. gén. », 80, 355-427.
 WILSON E. B. (1916) - « Proc. Nat. Acad. Sci. », 2, 321-336.
 WILSON E. B. (1931) - « J. Morph. Physiol. », 52, 429-483.

SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE I-VII

TAVOLA I.

- Fig. 1. - Sezione trasversale del testicolo di *Euscorpium carpathicus* al M.O. Sono visibili i vari scomparti con le cellule germinali a diversi stadi di maturazione. $\times 240$.
- Fig. 2. - Sezione di spermatogoni. Gli spermatogoni sono riconoscibili per la presenza del nucleolo (n) e per l'alto rapporto nucleo-citoplasmatico. Contengono numerosi piccoli mitocondri sparsi nel citoplasma e sono riuniti da ponti intercellulari (\nearrow). $\times 7.500$.

- Fig. 3. - Sezioni di spermatogoni aderenti alla parete del testicolo. Nella parete si osservano cellule connettivali e muscolari (M), nei setti si osservano solo cellule connettivali. Nc 1 = nuclei delle cellule connettivali della parete; Nc 2 = nuclei delle cellule connettivali dei setti; NcG = nuclei degli spermatogoni. $\times 6000$.

TAVOLA II.

- Fig. 4. - Scomparto testicolare con spermatociti, osservato al M.O. Gli spermatociti hanno grosse dimensioni; nel citoplasma i mitocondri si sono fusi per formare le condriosfere (\nearrow). $\times 1.200$.
- Fig. 5. - Spermatocita nella fase finale del processo meiotico. Le condriosfere (\nearrow) si ripartiscono equamente nei due emisferi citoplasmatici (*), che costituiranno le cellule figlie, mentre si ricostituiscono le cisterne perinucleari intorno ai cromosomi. $\times 6.500$.
- Fig. 6. - Giovani spermatidi prima dell'inizio della spermiogenesi. Sono riconoscibili per la cromatina finemente dispersa nel nucleo e per le condriosfere cupuliformi. Le membrane plasmatiche sono ancora strettamente aderenti e la separazione dei citoplasmici è spesso incompleta (\nearrow). $\times 7.500$.

TAVOLA III.

- Fig. 7. - Scomparto contenente giovani spermatidi all'inizio della spermiogenesi, osservato al M.O. Le cellule cominciano a separarsi e le condriosfere (\nearrow) aderiscono alla cisterna perinucleare. $\times 1.000$.
- Fig. 8. - Giovane spermatide. Si nota la cromatina (*cr*) condensata in zolle e i mitocondri (*m*) addossati al nucleo da banda opposta all'apparato di Golgi (G). $\times 8.500$.
- Fig. 9. - Sezione di giovane spermatide. Si osservano ancora ponti citoplasmatici (\nearrow) fra le cellule. La membrana esterna dei mitocondri è appiattita nella zona di adesione al nucleo e le membrane interne delle creste mitocondriali presentano numerose anastomosi. $\times 12.000$.

TAVOLA IV.

- Fig. 10. - Giovane spermatide prima dell'inizio della spermiogenesi. Presso il nucleo si trovano numerosi apparati di Golgi (G), mentre le condriosfere mitocondriali non si sono ancora spostate al polo opposto. $\times 5.000$.
- Fig. 11. - Giovane spermatide all'inizio della spermiogenesi. Il nucleo si accosta alla membrana cellulare, dove si deposita una lamina di materiale acrosomiale (\nearrow), opaco agli elettroni; è ancora presente l'apparato di Golgi. $\times 8.500$.
- Fig. 12. - Giovane spermatide, in cui è iniziata la condensazione della cromatina (*cr*). Si osserva la netta polarità nella disposizione dei mitocondri (*m*) rispetto alla lamina acrosomiale (\nearrow) $\times 12.000$.

TAVOLA V.

- Fig. 13. - Scomparto contenente spermatidi intermedi in fase di allungamento, osservati al M.O. $\times 1.000$.
- Fig. 14. - Sezione longitudinale di spermatidi in allungamento. Il nucleo assume forma tronco-conica; sotto di esso si notano il flagello (\nearrow), circondato dal reticolo spu-

gnoso (*rs*), e i primi derivati mitocondriali addossati alla membrana cellulare del pezzo intermedio della coda. $\times 10.500$.

Fig. 15. - Zona apicale dello spermatoide allo stesso stadio. Si osserva lo ispessimento centrale della lamina acrosomiale e l'invaginazione cuneiforme (\nearrow) all'apice del nucleo, nella quale si forma il perforatorio. $\times 18.000$.

Fig. 16. - Spermatoide intermedio. Alla base del nucleo si può notare che il centriolo prossimale (*cp*) e quello distale (*cd*) risultano allineati in una piccola zona citoplasmatica circondata dal reticolo spugnoso. $\times 22.000$.

TAVOLA VI.

Fig. 17. - Spermatoide in avanzata fase di maturazione. La sezione longitudinale mostra la profonda invaginazione della fossa d'impianto contenente la zona centriolare (*c*) e la parte prossimale del pezzo intermedio della coda con i derivati mitocondriali (*m*). Si osserva anche l'inizio del tunnel flagellare (*). $\times 45.000$.

Fig. 18. - Aspetti della cromatina nello spermatoide più avanzato. In sezione trasversale risulta più evidente la struttura paracristallina della cromatina condensata. La sezione trasversale interessa inoltre l'apice della testa dello spermio, in cui si osserva il perforatorio (\nearrow) al centro e la disposizione del cappuccio acrosomiale intorno all'apice del nucleo (*a*). $\times 56.000$.

Fig. 19. - Particolare del flagello nel pezzo intermedio. L'asterisco (*) indica l'inizio del tunnel flagellare, la freccia (\nearrow) indica i microtubuli periferici dell'assonema. Si osserva l'organizzazione elicoidale della struttura interna all'assonema. $\times 60.000$.

Fig. 20. - Sezione trasversale del pezzo intermedio della coda a livello del reticolo spugnoso (*rs*). Si osserva la posizione ed il numero dei derivati mitocondriali. $\times 12.000$.

Fig. 21. - Sezioni trasversali della coda a diversi livelli: *a* = parte distale del pezzo intermedio in cui è presente la porzione terminale dei derivati mitocondriali; *b* = zona di transizione fra pezzo intermedio e pezzo principale della coda, in cui è presente ancora il tunnel flagellare, ma sono scomparsi i derivati mitocondriali; *c* = pezzo principale della coda in cui il flagello è emerso dal tunnel flagellare. $\times 54.000$.

Fig. 22. - Sezione trasversale del pezzo principale della coda che evidenzia la struttura 9 + 0 dell'assonema e la particolare configurazione e opacità della subfibra A della coppia di microtubuli periferici. $\times 54.000$.

TAVOLA VII.

Fig. 23. - Sezione di scomparto in una zona di testicolo dove si trovano spermatozoi maturi; A = canale con cellule a microvilli; B = cellule laminari dei setti che suddividono gli scomparti; C = scomparto con spermatozoi maturi. In questa zona gli spermatozoi non sono così addensati gli uni agli altri come avverrà nella spermatofores. $\times 8.500$.













