
ATTI ACCADEMIA NAZIONALE DEI LINCEI
CLASSE SCIENZE FISICHE MATEMATICHE NATURALI

RENDICONTI

ABELE SAITA, SANDRO TRIPEPI, ORLANDO M. LONGO

**Osservazioni comparative sulla spermiogenesi. I.
Modificazioni ultrastrutturali nella spermiogenesi di
Coturnix coturnix L.**

*Atti della Accademia Nazionale dei Lincei. Classe di Scienze Fisiche,
Matematiche e Naturali. Rendiconti, Serie 8, Vol. 69 (1980), n.3-4, p.
209-216.*

Accademia Nazionale dei Lincei

<http://www.bdim.eu/item?id=RLINA_1980_8_69_3-4_209_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/>

Zoologia. — *Osservazioni comparative sulla spermiogenesi. I. Modificazioni ultrastrutturali nella spermiogenesi di Coturnix coturnix L. (*)*. Nota (**) di ABELE SAITA, SANDRO TRIPEPI e ORLANDO M. LONGO, presentata dal Socio S. RANZI.

SUMMARY. — The various stages of spermiogenesis in the quail *Coturnix coturnix* have been studied by electron microscope. The acrosome origin and the various stages of the formation of the perforatium are described. During the shaping of the sperm head three stages of transformation in the nucleus can be distinguished: a first stage, with the nucleus irregularly twisted, a second stage, with a spiral manchette of microtubules elongating the nucleus; and a third stage with groups of longitudinal microtubules surrounding the nucleus.

From the comparative data presented in this paper it can be concluded that the longitudinal microtubules are different from these of the helical manchette.

Dagli studi condotti sinora al Microscopio Elettronico risulta che gli spermatozoi degli Uccelli possono essere suddivisi morfologicamente in tre categorie. Una prima categoria è quella degli spermatozoi elicoidali con la struttura della testa simile ad un «cavatappi», che si è trovata per ora solo nei Passeriformi (Furrieri, 1962; Nicander, 1970; Humphreys, 1972; Yasuzumi, 1974).

Un'altra categoria è quella degli spermatozoi rettilinei senza perforatorio come, ad esempio, lo spermio del colombo, (Fawcett *et al.*, 1971; Yasuzumi, 1974) e della tortora (Mattei *et al.*, 1972).

Un terzo tipo ultrastrutturale comprende lo spermio dell'ordine dei Galliformi, degli Anseriformi (Humphreys, 1972) e degli Psittaciformi (Humphreys, 1975); si tratta di uno spermio rettilineo con perforatorio. Mentre per gli Anseriformi e Psittaciformi si hanno dei dati molto limitati, sullo spermio del gallo invece si hanno studi molto accurati (Lake *et al.*, 1968; Harris *et al.*, 1973; Tingari, 1973; Murray e Birkett, 1975) concernenti anche la spermiogenesi (Nagano, 1962; McIntosh e Porter, 1967).

Nonostante tutti questi studi si può dire che lo spermio degli Uccelli non è ancora ben conosciuto in quanto la maggior parte degli ordini non è stata ancora esaminata. Per questo motivo in collegamento con altri lavori in corso sulla spermiogenesi di Apodiformi, Cuculiformi, Caradriformi etc., si è voluto esaminare la spermiogenesi della quaglia per stabilire eventuali confronti con il differenziamento dello spermio in altri ordini.

(*) Lavoro eseguito nel Laboratorio di Zoologia dell'Università della Calabria con i contributi (Art. 286 T.U.) del Ministero della Pubblica Istruzione.

(**) Pervenuta all'Accademia il 31 ottobre 1980.

Piccoli pezzi di testicoli di *Coturnix coturnix* sono stati fissati con glutaraldeide in tampone fosfato a pH 6,3; altri invece sono stati fissati con il metodo della tripla fissazione (Sugihara *et al.*, 1966). Dopo disidratazione e precolorazione in acetato di uranile, i campioni sono stati inclusi in Epon-Araldite. Sezioni sottili sono state ottenute con l'ultramicrotomo LKB Ultratome III e, dopo colorazione con citrato di piombo, sono state osservate al Microscopio Elettronico Hitachi HU-12 A.

Lo spermio maturo è rettilineo con testa cilindrica appuntita all'apice, dove si trova l'acrosoma con il perforatorio, simile a quello di altri Galliformi.

La testa è lunga circa 25 μ , la coda circa 136 μ . Il pezzo intermedio, contenente i mitocondri, è riconoscibile anche al M. O. in quanto ha un diametro un pò maggiore (0,4 μ) del resto della coda ed è lungo circa 110 μ .

Al M.E. (Tav. I, fig. 1) il nucleo appare come un cilindro estremamente denso agli elettroni, lungo circa 20 μ , e col diametro di circa 0,3 μ .

Tra la membrana nucleare e la membrana citoplasmatica esiste solo un sottilissimo velo citoplasmatico.

Il pezzo intermedio, in sezione trasversale (Tav. I, fig. 2) contiene l'axonema circondato da 4 mitocondri. In sezione longitudinale (Tav. I, fig. 5) si vede che i mitocondri non sono fusi a costituire corpi mitocondriali separati, ma rimangono piccoli e distinti ai lati dell'axonema, leggermente dislocati secondo un andamento a spirale. Si può calcolare che nel pezzo intermedio, data la sua lunghezza, sono contenuti circa 350 mitocondri.

Il pezzo principale della coda contiene solo l'axonema circondato da una leggera zona citoplasmatica nella quale si proiettano trasversalmente 9 sottili filamenti che, partendo dalle coppie periferiche dell'axonema, vanno ad inserirsi sulla membrana citoplasmatica (Tav. I, figg. 3 e 4). Nel pezzo terminale la membrana citoplasmatica aderisce quasi completamente all'axonema, che perde alla fine la regolarità della disposizione dei microtubuli.

Potremmo considerare la spermiogenesi come distinguibile in tre stadi: stadio a nucleo rotondo, stadio a nucleo allungato e stadio a nucleo condensato. Il primo stadio si osserva negli spermatidi più vicini alla membrana basale, il secondo negli spermatidi più vicini al lume e il terzo negli spermatidi quasi maturi che tornano ad approfondarsi nelle cellule del Sertoli, facendo sporgere la coda nel lume e tenendo la testa orientata verso la lamina basale.

Nei giovani spermatidi (Tav. II, fig. 6) si osserva chiaramente una vescicola che si origina dall'apparato del Golgi, situato presso il nucleo. In posizione adiacente si forma un vacuolo che accoglie gradatamente tutto il materiale proveniente dall'apparato del Golgi trasportato da vescicole che gemmano all'estremità delle cisterne appiattite. Il materiale originato dal Golgi si va condensando all'interno del vacuolo, formando il cosiddetto «granulo proacrosomiale». Quest'ultimo si avvicina alla membrana esterna della cisterna perinucleare (Tav. II, fig. 7) ed estende gradualmente le proprie membrane fino ad avvolgere parte del nucleo nella posizione apicale (Tav. II, figg. 8 e 9). Successivamente con l'inizio dell'allungamento dello spermatide la vescicola acrosomale continua il proprio sviluppo ed avvolge a cappuccio l'apice del nucleo, mentre il materiale acrosomale va diventando sempre più compatto.

Questo materiale acrosomale è leggermente più chiaro di quello del perforatorio e molto più chiaro rispetto al materiale nucleare condensato. Nella parte inferiore dell'acrosoma verso il nucleo si osserva lo spazio subacrosomale lungo circa $1,5 \mu$, il cui contenuto appare finemente granulare ed omogeneo (Tav. III, fig. 12). Nello spermatoide quasi maturo il perforatorio assume una conformazione ad asta ed occupa quasi completamente l'ampio spazio subacrosomale (Tav. II, fig. 10).

Come è stato dimostrato nel tacchino (Baccetti *et al.*, 1979) si ha nel giovane spermatoide la formazione di un punto denso tra l'acrosoma e il nucleo che nelle successive fasi di maturazione si ingrossa a formare il perforatorio. Questo corpo denso che da origine al perforatorio è denominato « actomero » sia per analogia a quanto è stato descritto negli Echinodermi (Tilney, 1978) e sia perchè dà origine a un perforatorio contenente actina (Campanella *et al.*, 1979). Anche nella quaglia (Tav. II, figg. 8 e 9) si può osservare un corpuscolo denso che può essere ritenuto l'actomero precursore del perforatorio; dalle nostre osservazioni sembra che questo actomero derivi da una piccola evaginazione della membrana interna dell'acrosoma verso l'apice del nucleo.

Nella morfogenesi della testa si osserva la condensazione della cromatina che è un processo comune a tutti gli spermatozoi. Nel giovane spermatoide il nucleo appare di forma rotondeggiante e presenta il normale aspetto del materiale nucleare, cioè la cromatina appare omogeneamente dispersa all'interno del nucleo; successivamente il nucleo si allunga contemporaneamente alla condensazione della cromatina (Tav. III, fig. 11). Con l'allungamento del nucleo, il volume si riduce molto perchè diminuisce il nucleoplasma, la cromatina si condensa e nelle sezioni al M.E. appare quali granuli più grossi che sono dispersi omogeneamente all'interno del nucleo; alla fine si forma una struttura completamente compatta e densa agli elettroni (Tav. III, fig. 12). Durante la condensazione della cromatina e il rispettivo allungamento del nucleo si verifica anche una riduzione del citoplasma specialmente nella parte apicale della testa dello spermatoide. Durante questi processi si possono osservare, sia in sezione longitudinale (Tav. III, fig. 12) che in sezione trasversale (Tav. III, fig. 13), i particolari rapporti della cellula del Sertoli con lo spermatoide in maturazione. Si formano infatti delle fasce citoplasmatiche anulari che nelle sezioni trasversali compaiono attorno alla zona acrosomale e all'esterno di queste fasce anulari si osserva il citoplasma di una cellula sertoliana che avvolge tutto un gruppo di spermatozoi (Tav. III, fig. 13). Pur osservando sezioni diversamente orientate risulta difficile stabilire se appartengono alla Sertoli o allo spermatoide i lembi citoplasmatici che formano regolarmente due anelli concentrici attorno all'acrosoma in formazione. Il citoplasma della Sertoli si può distinguere abbastanza bene dal citoplasma dello spermatoide per la diversa grossezza e struttura dei mitocondri (Tav. IV, fig. 14) e i lembi citoplasmatici dello spermatoide attorno all'acrosoma sono riconoscibili per la presenza di microtubuli longitudinali (Tav. II, fig. 10). Perciò la fascia anulare più esterna appartiene certamente al citoplasma dello spermatoide dato che contiene evidenti microtubuli (Tav. III, fig. 13) mentre la fascia più interna

non è facilmente attribuibile o alla Sertoli o allo spermatoide per mancanza di elementi chiari di riconoscimento. Alla base della fascia più esterna compare un anello scuro agli elettroni che potrebbe essere analogo al « nuclear ring » segnalato nella spermiogenesi dei Mammiferi (Tav. II, fig. 10 e Tav. III, fig. 12).

Nello spermatoide al secondo e al terzo stadio di maturazione è presente la cosiddetta « manchette » dei microtubuli.

Dapprima ci sono solo gruppi di microtubuli nel citoplasma perinucleare dello spermatoide immaturo. La vera manchette si costituisce nel secondo stadio attorno alla membrana nucleare durante l'allungamento del nucleo e la condensazione della cromatina. La manchette di microtubuli è posta a spirale attorno a tutto il nucleo, dall'apice alla base, come si osserva anche nella spermiogenesi di molti Invertebrati (Tav. III, fig. 11). I microtubuli della manchette formano una strettissima spirale, infatti nelle sezioni longitudinali compaiono molto ravvicinati tra di loro in sezione trasversale (Tav. IV).

Solo più tardi, cioè nel terzo stadio quando lo spermio è quasi maturo e la cromatina è più condensata, la manchette dei microtubuli risulta completamente diversa, ed è simile a quella dei Mammiferi cioè, i microtubuli sono disposti con orientamento parallelo al nucleo e costituiscono dei gruppi o dei fasci che occupano buona parte del citoplasma circostante al nucleo (Tav. V, fig. 15). Di questi microtubuli una piccola parte oltrepassa la base del nucleo e si inserisce nei lembi citoplasmatici che circondano il pezzo intermedio della coda in formazione (Tav. V, fig. 16). In questa zona i microtubuli sembrano avere delle pareti molto spesse. Anche attorno al « tunnel flagellare » si possono osservare gruppi di microtubuli più densi (Tav. V, fig. 16). Nel terzo stadio si può osservare che il numero dei microtubuli longitudinali è pressochè costante in ogni sezione trasversale: si tratta di una media di circa 300 microtubuli disposti nel raggio di circa $0,5 \mu$ attorno al nucleo, spesso associati mediante piccole strutture di connessione (Tav. VI, fig. 17).

La formazione e l'allungamento della coda dello spermio è un evento assai precoce nella spermiogenesi. La zona da cui origina l'axonema del flagello è la regione centriolare che si trova vicino al Golgi ma ben presto si sposta nella parte opposta (Tav. V, fig. 7). La porzione posteriore del nucleo allungato forma una concavità della « fossa d'impianto » in cui si osserva il centriolo prossimale quando lo spermatoide è al secondo stadio (Tav. VI, fig. 19) e il centriolo distale quando lo spermatoide è al terzo stadio (Tav. VI, fig. 18). Vicino alla zona centriolare si può osservare una massa di materiale denso, opaco agli elettroni, che può essere considerata analoga allo « aggiunto centriolare », già segnalato in altri spermii (Tav. VI, fig. 18 e 19). La distribuzione dei mitocondri nel pezzo intermedio della coda si verifica solo nelle fasi più avanzate del differenziamento. I mitocondri infatti, durante tutte le fasi della maturazione dello spermio, appaiono distribuiti ai lati del nucleo che si stà allungando; solo più tardi man mano che il citoplasma perinucleare scende verso la coda si formano dei lembi citoplasmatici in cui si allineano i mitocondri (Tav. V). In sezione trasversale si può anche osservare il pezzo di connessione tra testa e coda, dove dal centriolo distale si irradiano delle

piccole braccia opache agli elettroni che potrebbero corrispondere alle sezioni di leggerissime « colonne striate » (Tav. V, fig. 16). Più caudalmente le sezioni mostrano la struttura tipica dell'assonema del flagello già differenziata, come è stato descritto nello spermio maturo.

In seguito a questa ricerca meritano soprattutto di essere discussi due aspetti che si riferiscono a problemi tuttora aperti. Uno riguarda il significato della presenza e della assenza del perforatorio nei vari Ordini degli Uccelli, l'altro riguarda il significato morfogenetico della manchette dei microtubuli.

La Microscopia Elettronica ha rilevato una grande variabilità nella testa dello spermio che riguarda anche la morfologia e la funzione del perforatorio. Il perforatorio appare evidente in molti Invertebrati nello spazio sotto l'acrosoma ed è capace di estendersi o di premere sull'acrosoma favorendo la fuoriuscita degli enzimi acrosomali per la fecondazione. Nel perforatorio di molti organismi è stata dimostrata la presenza di actina (e negli Echinodermi anche la miosina) probabilmente in relazione a questa funzione meccanica. Alcuni Vertebrati terrestri come Anfibi, Rettili, e qualche Ordine di Uccelli (Galliformi, Anseriformi, Psittacciformi), possono avere ereditato questa struttura dai loro antenati acquatici. In tal caso si tratta di un vero perforatorio con actina, e sarebbe anche tale il perforatorio della quaglia, dal momento che nel perforatorio di un altro Galliforme (tacchino) è stata dimostrata la presenza di actina (Campanella *et al.*, 1979). Invece a livello di Uccelli più evoluti (Passeriformi) ed in quasi tutti i Mammiferi si ha una involuzione del perforatorio che finisce per scomparire ed essere sostituito da uno spazio subacrosomale più o meno evidente. Una eccezione è rappresentata dal cosiddetto « pseudo perforatorio » dei Roditori (Baccetti *et al.*, 1979) che nello spermio maturo contiene una proteina strutturale del tutto diversa (Campanella *et al.*, 1979). Non è noto per ora se l'actina esista anche nel perforatorio degli Anseriformi e degli Psittacciformi.

Sul significato della manchette dei microtubuli nella spermiogenesi vi sono numerose dispute tuttora aperte. Secondo alcuni autori la manchette perinucleare influenza la condensazione della cromatina, secondo altri serve all'allungamento del nucleo, altri invece sostengono che provvede alla configurazione del nucleo e quindi della testa dello spermio. Queste osservazioni sono state evidenziate e sostenute in numerosi casi; per esempio negli Anellidi (Ferraguti e Lanzavecchia, 1971) i microtubuli aderiscono al nucleo solo dove condensa la cromatina, negli Insetti (Shoup, 1967 e Kessel, 1970) la manchette dei microtubuli sembra che dia una forma speciale al nucleo, negli Uccelli (McIntosh e Porter, 1967) darebbero la forma allungata. Un fatto è ormai scontato: la condensazione della cromatina avviene indipendentemente dalla presenza dei microtubuli. Questo perchè la manchette in alcuni casi è assente e la condensazione si ha lo stesso (esempio negli scorpioni, Phillips, 1974 e nei chetognati, Van Deurs, 1975). Inoltre Fawcett, Anderson e Phillips (1971) dimostrarono che responsabile della modellatura della testa dello spermio è

la struttura paracrystallina della cromatina condensata e contraddicono l'ipotesi di McIntosh e Porter (1967) portando come esempio la morfogenesi dello spermio di un Passeriforme e di un Columbiforme. La nostra opinione invece è che quando la condensazione della cromatina non forma una struttura unica paracrystallina ma piccoli ammassi sparsi nel nucleo, la manchette agisce sulla membrana nucleare allungando il nucleo e modellandone la forma. Perciò siamo d'accordo con McIntosh e Porter.

Si potrebbe anche avanzare un'altra ipotesi: che dal 2° al 3° stadio non si avrebbe, come sostengono McIntosh e Porter, una variazione di orientamento degli stessi microtubuli, ma la comparsa successiva di due tipi di manchette completamente diverse. In questo caso la prima manchette elicoidale, contro la membrana del nucleo, assomiglierebbe a quella dei Rettili (Clark, 1977) e la seconda manchette, costituita da fasci di microtubuli rettilinei, assomiglierebbe a quella dei Mammiferi.

LAVORI CITATI

- BACCETTI B., BIGLIARDI E., BURRINI A. G. e PALLINI V. (1979) - « XLVII convegno dell'U.Z.I. », 6, 20.
- CAMPANELLA C., GABBIANI G., BACCETTI B., BURRINI A. G. e PALLINI V. (1979) - « J. Submicr. Cytol. », II, 53-71.
- CLARK A. W. (1967) - « Amer. J. Anat. », 121, 369-400.
- FAWCETT D. W., ANDERSON W. A. e PHILLIPS D. M. (1971) - « Development. Biol. », 26, 220-251.
- FERRAGUTI M. e LANZAVECCHIA G. (1971) - « J. Submicr. Cytol. », 3, 121-137.
- FURIERI P. (1962) - « Boll. Soc. Ital. Biol. Sper. », 38, 1, 29-31.
- HARRIS G. C. Jr, THURSTON R. J. e CUNDALL J. (1973) - « J. Reprod. Fert. », 34, 389-394.
- HUMPHREYS P. N. (1972) - « J. Reprod. Fert. », 29, 327-336.
- HUMPHREYS P. N. (1975) - « Cell. Tiss. Res. », 156, 411-416.
- KESSEL R. G. (1970) - In BACCETTI B. « Comparative spermatology », pp. 531-553, Acad. Press, New York.
- KRUSTEV H. e DANOV D. (1968) - « C. R. Acad. Bulg. Sci. », 21, 945-948.
- LAKE P. E., SMITH W. e YOUNG D. (1968) - « Quart. J. Exp. Physiol. », 53, 356-366.
- MATTEI C., MATTEI X. e MANFREDI J. L. (1972) - « J. Submicr. Cytol. », 4, 57-73.
- MC INTOSH J. R. e PORTER K. R. (1967) - « J. Cell. Biol. », 35, 153-173.
- MURRAY R. B. e BIRKETT H. Jr. (1975) - « Biol. Reprod. », 12, 632-640.
- NAGANO T. (1962) - « J. Cell. Biol. », 14, 193-205.
- NICANDER L. (1970) - In BACCETTI B. « Comparative spermatology », pp. 47-55, Acad. Press, New York.
- PHILLIPS D. M. (1974) - « J. Cell. Biol. », 48, 242-258.
- SHOUP J. R. (1967) - « J. Cell. Biol. », 32, 663-676.
- SUGIHARA R., LEE K. J., SUGIOKA T. e YASUZUMI G. (1966) - In « Ueda R. Edit. Sixth Int. Congr. Electron Microscopy (KYOTO) », Vol. 2, Tokio, Maruzen Co., pp. 25-26.
- TILNEY L. G. (1978) - « J. Cell. Biol. », 77, 551-564.
- TINGARI M. D. (1973) - « J. Reprod. Fert. », 34, 255-256.
- VAN DEURS B. (1975) - « J. Submicrosc. Cytol. », 7, 133-138.
- YASUZUMI G. (1974) - « Int. Rev. Cytol. », 37, 53-119.

SPIEGAZIONE DELLE TAVOLE I-VI.

TAVOLA I.

- Fig. 1. - Sezione longitudinale dello spermio maturo. Si possono osservare l'acrosoma (*a*), il perforatorio (\nearrow) e parte del nucleo (N). $\times 14.400$.
- Fig. 2. - Sezioni trasversali a livello del pezzo intermedio della coda in cui si vede l'axonema circondato da 4 mitocondri (*m*). $\times 60.000$.
- Fig. 3. - Sezioni trasversali del pezzo principale della coda. Si notino le leggere strutture di connessione (\nearrow) tra le coppie periferiche dell'axonema e la membrana cellulare. $\times 80.000$.
- Fig. 4. - Sezione longitudinale del pezzo principale della coda. Le connessioni tra le coppie periferiche dell'axonema e la membrana cellulare sono discontinue ($\nearrow \nearrow$). $\times 80.000$.
- Fig. 5. - Sezione longitudinale del pezzo intermedio della coda. I mitocondri sono piccoli e numerosi e appaiono distribuiti ai lati dell'axonema con grande regolarità. $\times 40.000$.

TAVOLA II.

- Fig. 6. - Giovane spermatide. La vescicola acrosomale (*av*) non entra ancora in contatto con la membrana nucleare. $\times 9.000$.
- Fig. 7. - Successivo sviluppo dell'acrosoma (*a*) che aderisce alla cisterna perinucleare. A questo stadio precoce l'inizio dell'axonema (*ax*) si può trovare in prossimità dell'acrosoma. $\times 15.750$.
- Fig. 8. - Spermatide ai primi stadi di allungamento. All'apice del nucleo si trova l'acrosoma (*a*) e l'invaginazione (\nearrow) in cui «l'actomero» dà origine al perforatorio. $\times 13.500$.
- Fig. 9. - L'acrosoma (*a*) comincia ad estendersi a cappuccio sull'apice del nucleo. In questa sezione l'actomero (\nearrow) è colpito tangenzialmente. $\times 25.000$.
- Fig. 10. - Spermatide più avanzato. A questo stadio il processo di assemblaggio del materiale del perforatorio e la trasformazione a cappuccio dell'acrosoma sono giunte a termine. N = nucleo, *cs* = citoplasma dello spermatide, S = citoplasma della cellula del Sertoli, \nearrow = nuclear ring. $\times 33.750$.

TAVOLA III.

- Fig. 11. - Spermatide in allungamento immerso tra le cellule del Sertoli (S). Si noti che la zona dell'acrosoma (*a*) è circondata dal citoplasma dello spermatide (*cs*). Una «Manchette» di microtubuli citoplasmatici (\nearrow) avvolge a spirale il nucleo non ancora condensato. $\times 22.500$.
- Fig. 12. - Stadio più avanzato in cui si osservano dei lembi citoplasmatici dello spermatide (*cs*) attorno alla zona dell'acrosoma (*a*), ben distinguibili dalla cellula del Sertoli (S), \nearrow = nuclear ring. $\times 27.000$.

Fig. 13. - Sezione trasversale a livello dell'acrosoma e del perforatorio nello spermatoide avanzato. Ben distinguibili dalla cellula del Sertoli (S) si notano due fasce citoplasmatiche anulari, la più esterna contiene i microtubuli del citoplasma dello spermatoide (*cs*). $\times 45.000$.

TAVOLA IV.

Fig. 14. - Spermatoide in allungamento all'inizio della condensazione della cromatina. Nella sezione longitudinale del nucleo appaiono sezionate trasversalmente i microtubuli della manichetta a spirale. Il citoplasma sertoliano (S) è riconoscibile da quello dello spermatoide per la dimensione e la struttura dei mitocondri. $\times 54.000$.

TAVOLA V.

Fig. 15. - Sezioni trasversali di spermatoidi al termine della condensazione della cromatina. In questo stadio la manichetta dei microtubuli è orientata parallelamente al nucleo (N). A livello del pezzo intermedio (*mp*) della coda si osservano gruppi di microtubuli più densi agli elettroni $\times 45.000$.

Fig. 16. - Nel pezzo di connessione (*cp*) si osserva il centriolo distale con piccole proiezioni radiali (\nearrow). A livello del pezzo principale (*pp*) si trovano ancora gruppi di microtubuli nei lembi citoplasmatici che circondano il « tunnel flagellare » (*). $\times 36.000$.

TAVOLA VI.

Fig. 17. - Sezione trasversale a livello del nucleo in condensazione. La cromatina condensata costituisce dei blocchi ancora distinguibili; i microtubuli della manichetta longitudinale sono disposti a gruppi riuniti da piccole connessioni (\nearrow). $\times 81.000$.

Fig. 18. - Particolare della zona alla base del nucleo. L'annesso centriolare (*ac*) appare dislocato caudalmente rispetto alla zona del centriolo. $\times 27.000$.

Fig. 19. - Spermatoide in una fase più precoce in cui si vede il centriolo prossimale situato nella « fossa di impianto » (\nearrow) e l'annesso centriolare (*ac*) molto più vicino al centriolo. $\times 21.600$.











