

Wielokrotna karyokineza w gruczole obojnaczym ślimaka *Helix pomatia*.

Przez

E. Godlewskiego (jun.).

~~~~~  
Z tablicą VIII.  
~~~~~

Rzecz przedstawiona na posiedzeniu Wydz. matem.-przyr. z dnia 1 lutego 1897 r.;
ref. czł. Kostanecki.



Materyał i metoda badania.

Ślimak *Helix pomatia* L., zbierany w tutejszym ogrodzie botanicznym w miesiącach od czerwca do września, służył mi za materyał do badania. Gruczoł obojnaczy leżący wśród płatów wątroby, wycinałem z żywego ślimaka po odłupaniu najwyższego zwoju skorupki i od razu kładłem do płynu utrwalającego. W tym celu posługiwałem się: 1) płynem Perennyiego, w którym zostawiałem preparaty przez 12 godzin, 2) sublimatem (skoncentrowanym w 0.6% roztworze soli kuchennej), z dodatkiem kwasu octowego (albo kwasu azotowego w stosunku 1:100), 3) płynem Hermanna, w którym zostawiałem gruczoł obojnaczy najmniej 48 godzin. Następnie przeprowadzałem preparaty przez alkohole o zwiększającej się koncentracji (30%, 50%, 70%, 90%, 96% i absolutny) z dodaniem tynktury jodowej w razie utrwalania preparatu w sublimacie. W każdym alkoholu leżał preparat 24 godzin. Potem, jeżeli preparat miał być barwiony w skrawkach, przeprowadzałem go przez mieszaninę alkoholu absolutnego z chloroformem, chloroform czysty, mieszaninę chloroformu z parafiną, stąd na kilka godzin kładłem pre-

parat do parafiny topiącej się w 40° następnie 52°, krółą zmieniałem przed zatopieniem. Postępowanie to odpowiednio zmieniałem, jeżeli preparaty miały być barwione w całości, jeżeli zaś były utrwalane w płynie Hermanna, to przenosiłem preparaty z alkoholu absolutnego do mieszaniny octu drzewnego (acetum pyrolignosum crudum) z alkoholem absolutnym, potem do czystego octu drzewnego, znów do alkoholu absolutnego, stosując w dalszym ciągu aż do zatopienia powyżej opisane postępowanie.

Część preparatów barwiłem w całości. W tym celu najpierw przeprowadziłem je przez hematoksylinę (haematoxylinum purum cristalisatum 0.5% przez 10 godzin), przenosząc następnie do 1% roztworu ałunu, który był często zmieniany. Następnie skrawki podbarwiałem na szkiełku eozyną z dodatkiem kilku kropel roztworu „orange G.” Skrawki preparatów niebarwionych przed zatopieniem barwiłem metodą M. Heidenhaina, podbarwiając protoplazmę barwikiem „bordeaux R.” albo eozyną. Zauważyłem przytem, że zabarwiając preparaty utrwalone metodą Hermanna używać trzeba roztworu eozyny lub bordeaux bardziej skoncentrowanego i barwienie to trwać musi dłużej, niż barwienie preparatów inną metodą utrwalonych. Wreszcie łączyłem dwie metody, barwiąc metodą M. Heidenhaina preparaty już zabarwione w całości poprzednio hematoksyliną. Przytem przez podbarwianie eozyną starałem się uwydatnić strukturę protoplazmy. Najładniejsze były obrazy preparatów tą metodą barwionych. Zatopione preparaty krajałem w serye skrawków grubych po 5 μ i przyklepiałem na szkiełku za pomocą 30% alkoholu. Preparaty rozpatrywałem pod mikroskopem Winkla, używając immersyi olejnej $\frac{1}{14}$ i okularu nr. III.

Profesorowi K. Kostaneckiemu, u którego wykonałem tę pracę, za kierowanie nią i za najżyczliwszą pomoc składam wyrazy najszczerzej wdzięczności.

I.

Podział komórek obojnaczego gruczołu ślimaka *Helix pomatia* był już niejednokrotnie badany i opisywany (Platner (35—38), Bloomfield¹⁾ (3), Prenant (39), Zimmermann (46), a w ostatnich czasach Bolles Lee (4,5)), ponieważ bardzo wyraźne figury karyokinetyczne w komórkach płciowych nadają się do badań dokład-

¹⁾ Praca Bloomfielda znana mi jest jedynie z krótkiego streszczenia zawartego we wstępie do pracy Calkinsa (7).

niejszego przebiegu mitozy, jako też do badań nad powstawaniem ple-mników.

Już Platner (35) zwrócił na to uwagę, że podziałowi jądra w ko-mórkach płciowych męskich, nie zawsze towarzyszy podział ciała ko-mórkowego, protoplazmy; że może się on opóźniać, albo nawet zupełnie nie dochodzi do skutku. Helix zresztą nie stanowi wyjątku w świecie zwierzęcym co do tej szczególnej formy podziału komórek nasieniowórczych, bo w literaturze znajdujemy kilka podobnych spostrzeżeń. Tyczą się one zarówno innych odmian ślimaków, jako też innych grup zwierząt (Platner (37), von la Valette St. George (29), Gil-son (15), Flemming (12), Auerbach (1), Meves (32)). Spo-strzeżenia te potem dokładniej jeszcze omówić zamierzam. Otoż istnienie wielokrotnej karyokinezy, nasuwa nam szereg pytań odnoszących się do spermatogenezy, z drugiej zaś strony wielokrotna mitozą wogóle jest zjawiskiem niezmiernie ciekawem ze względu na jej mechanizm i sub-telniejsze procesy rozgrywające się w samej plazmie komórki. To też mamy cały szereg prac opartych na badaniach komórek wielojądrowych w innych tkankach bądź to normalnych, bądź też patologicznych, które poświęcone są badaniom karyokinezy wielokrotnej, a nawet w nowszych czasach eksperymentalnie wytwarzano wśród dzielących się komórek wielokrotną mitozę. Mając zatem wśród komórek nasieniowórczych obok pojedynczej mitozy, także komórki będące w karyokinezie wielo-krotnej, zając się zamierzam szczegółowym opisem tej ostatniej formy podziału. Do karyokinezy pojedynczej zwracać się będę tylko w tych miejscach, gdzie moje spostrzeżenia różnią się od opisów podanych przez wyżej wspomnianych autorów, albo w celu stwierdzenia analogii między pojedynczą a wielokrotną mitozą.

II.

Karyokineza jednojądrowych komórek.

W czasie przebiegu karyokinezy wśród komórek nasieniowórczych gruczołu płciowego Helixa, komórka, mająca utworzyć dwie potomne komórki, zwykle przewęża się w okresie gwiazdy potomnej. W czasie tym można jak najdokładniej śledzić losy wrzecionka środkowego (Centralspindel), które tutaj, tak jak wogóle w mitozach ślimaków, jest nad-zwyczaj wyraźne i wybitne. Zanim jeszcze komórka zaczęła się prze-węzać, widzimy w równiku wrzecionka, które po dokonanej metakinezie chromosomów jest odsłonięte, podłużne zgrubienie nitek. Podczas prze-wężenia się komórki, następuje zbliżenie zgrubiałych w równiku nitek

wrzecionka centralnego i wtedy przybiera ono kształt dwóch stożków. Wierzchołki ich ku sobie zwrócone, leżą na płaszczyźnie przewężenia komórki, względnie w równiku wrzecionka centralnego, podczas gdy podstawy stożków zwrócone są ku chromosomom. Przez to zbliżenie się zgrubień centralnej części wrzecionka, wytworzył się w samym jego równiku ciemny pierścień, który występuje bardzo charakterystycznie na poprzecznym przekroju, otaczając jakby kanał łączący obie przyszłe komórki potomne. Równocześnie postępuje zwykle przewężenie komórki; zwolna dochodzi ono do miejsca, w którym się znajduje wrzecionko środkowe, i tu się kończy. Komórki oddalają się później od siebie i połączone są tylko wrzecionkiem środkowym. Tę pozostałość wrzecionka w części równikowej, leżącą między obu komórkami, a barwiącą się bardzo silnie w różnych barwikach, nazwano ciałkiem międzykomórkowym (Zwischenkörper, corpuscule intermédiaire). Równocześnie postępują zmiany wewnątrz komórek potomnych, zmiany odnoszące się do wzajemnego ułożenia jąder potomnych i centrosomów w stosunku do dawnej osi komórki; charakteryzują one ostatnie stadya procesu karyokinetycznego i znane są dziś ogólnie pod nazwą telokinezy.

Często jednakowoż, jak to już wyżej wspomniałem, spotykamy się z mitozą przebiegającą w ten sposób, że podziałowi ulega tylko jądro, a ciało protoplazmatyczne się nie dzieli. Mimo to jednak wrzecionko środkowe zmienia się zupełnie tak samo, jak w komórkach, które się przewężają. Mamy o tem już wzmiankę w pracy Platnera (37), który opisywał sposób powstawania jądra dodatkowego u *Helix*, a twierdzenie swoje popiera Platner rysunkami (fig. 9 i 10) podobnymi do podanych przezemnie figur, o których właśnie zamierzam mówić.

Fig. 1. wyobraża taką komórkę w ostatnim stadyum mitozy, bezpośrednio przed wytworzeniem się dwóch jąder spoczynkowych. Komórka znajduje się mianowicie w stadyum kłębka potomnego. Część chromosomów jest widoczna nawet w górnej części komórki, reszta chromosomów górnych i wszystkie dolne zostały odcięte. Od górnego bieguna odchodzi pęk promieni biegunowych, zwrócony ku wnętrzu ciała komórkowego.

W samym środku komórki widać dawne wrzecionko środkowe, z charakterystycznym przewężeniem w równiku i typowym zgrubieniem promieni w tem miejscu. Miejsce przewężenia środkowego wrzecionka, jest punktem wyjścia dwóch snopów promieni, które rozszerzają się znacznie w miarę zbliżenia do obu grup elementów chromatynowych. Już z tego obrazu widać, że zaszła tu zmiana w wzajemnym ułożeniu dawnego wrzecionka i chromosomów. W wcześniejszem stadyum, miano-

wicie w okresie gwiazd potomnych leżały one na jednej osi z wrzecionkiem, teraz zaś (fig. 1) cięcie, które przeszło przez oś wrzecionka centralnego, nie dosięgnęło już chromosomów, bo te leżą obecnie już na innej linii. Wogóle mamy przed sobą typowy obraz wrzecionka środkowego, zmienionego w ciałko międzykomórkowe, które jednak leży w komórce. Na podstawie tedy dawnych spostrzeżeń Platnera i moich obserwacji, dochodzę do przekonania, że między przewężaniem komórki a zmianami, jakim ulega wrzecionko środkowe, oraz powstawaniem ciała międzykomórkowego ze zgrubień tego wrzecionka niema żadnego związku. Tworzenie się ciała międzykomórkowego ze wspomnianych zgrubień i nitek wrzecionka uważać należy jako wynik sił działających w wnętrzu komórki.

Dokładniej jeszcze dadzą się te zmiany obserwować na fig. 2., gdzie płaszczyzna cięcia przeszła przez oś wrzecionka i części chromatynowe, które w tej komórce otoczone są już błoną jądrową. Jest to stadium bezpośrednio poprzedzające stadium jąder spoczynkowych, chociaż elementa chromatynowe zachowały dotąd swoją odrębność, a jądra nie przybrały jeszcze definitywnego kształtu kulistego. Ciałko międzykomórkowe leży tu z boku obu jąder. Po lewej stronie widać jeszcze obok jądra smugę promieni wrzecionka środkowego, która ginie wśród plazmy otaczającej jądra. W wrzecionku środkowym widać mocne wygięcie spowodowane ruchami telokinetycznymi. To wygięcie zwrócone jest ku zewnątrz, ku obwodowi komórki. Od strony wypukłej wrzecionka w okolicy odpowiadającej równikowi widać rysujące się wyraźnie na obwodzie komórki wcięcie, które doszło już do samego ciała międzykomórkowego. Ważną też jest ta okoliczność, że początek przewężenia komórki, zarysowywać się zaczyna od tej właśnie strony, ku której zwrócona jest część wypukła wrzecionka. Natomiast obserwując przeciwną stronę komórki, ku której zwrócona jest wklęsła część wrzecionka, nie widzimy śladu przewężenia. Otóż gdyby ciałko międzykomórkowe wytwarzała wpuklająca się warstwa obwodowa graniczna plazmy, wtedy to wpuklenie wygięłoby musiało wrzecionko w przeciwną stronę, niż fig. 3. to uwidocznia. Jest to fakt, który tem dobitniej stwierdza niezależność zmian w obrębie wrzecionka środkowego od podziału ciała komórkowego. Wytworzenie się bowiem ciała międzykomórkowego poprzedzić tu musiało poczynające się wpuklenie granicznej warstwy komórki.

Fig. 3. przedstawia komórkę w jeszcze późniejszym stadium. Ciałko międzykomórkowe widoczne jest już tylko w środkowej części, gdzie

rysuje się wybitnie pierścień wytworzony ze zgrubień równikowej części nitek wrzecionka. Części leżące dalej od równika, a bliżej chromosomów, giną wśród ziarnistej protoplazmy. Jaki jest rzeczywisty los tych nitek wrzecionka, czy rozpływają się wśród protoplazmy (Bolles-Lee (4), czy przechodzą przynajmniej w części w promienie biegunowe (Meves), czy wreszcie kurczą się począwszy od obwodu ku równikowi (Platner), tak, że tylko ta środkowa część zostaje dla oka widoczna, tego na podstawie moich dotychczasowych obserwacji nie mogę rozstrzygnąć. Co do wzajemnego stosunku jąder do ciała międzykomórkowego wypada zauważyć, że ciało to leży wewnątrz komórki tylko po jednej stronie jąder. Nie stosuje się więc ono do ogólnego prawa podanego przez Prenant'a (40): „Le reste fusorial se continue dans chacune des cellules filles par une trainée sombre, qui passe toujours pour l'une de cellules sur le flanc gauche du noyau, pour l'autre cellule sur le flanc droit du noyau correspondant“. Ta ogólna reguła wprowadzona przez Prenant'a, która ma normować wzajemne położenie obu jąder i ciała międzykomórkowego, jako pozostałości wrzecionka środkowego, nie daje się powszechnie stosować, jak to widać już z pracy Platnera (38) nad podziałem komórkowym podczas spermatogenezy u motyli. Z tego powodu Prenant wprowadził modyfikację wyżej przytoczonego prawidła mówiąc: „La disposition unilatérale du fuseau paraît être la règle dans les divisions cellulaires des epithéliums“. Temu się znów sprzeciwiają wyniki badań Henkinga (19). Autor ten podaje w swej pracy kilka rysunków ostatnich stadyów karyokinezy komórek nabłonkowych (spermatocyty). Pozostałość wrzecionka leży w jednych komórkach w stosunku do jąder jednostronnie (fig. 65), w drugich przechodzi z jednej strony jednego jądra na przeciwną stronę drugiego (fig. 66 i 67).

Mechaniczne powstawanie ciała międzykomórkowego w wnętrzu ciała protoplazmatycznego, da się wytłumaczyć na podstawie działania sił w wnętrzu komórki. Mianowicie Kostanecki (25) wykazał, że kompletny podział i przewężenie komórki, które zwykle następuje w drugiej połowie mitozy, poprzedza we wnętrzu podział komórki. Otóż jakkolwiek przewężenie komórki może wcale nie dojść do skutku, mimoto ten zastój w zewnętrznym podziale protoplazmy nie przeszkadza zupełnie podziałowi wewnętrznemu, a mianowicie: „es kommt hier für die Sonderung der beiden Tochterzellen vor allem die Differenzierung innerhalb der Zellplatte in Betracht, die unter dem Einfluss der in ihr endenden beiderseitigen Strahlensysteme eine structurelle Modification, eine förmliche innere Spaltung erfährt“ (Kostanecki). Ta zróżniczkowana warstwa protoplazmy, leżąca w równiku komórki, działaniem promieni

biegunowych zostaje pociągnięta, jak przyjmuje *Kostanecki* (25), ku środkowi komórki i natrafia tam na wrzecionko centralne. Ponieważ warstwę neutralną w równiku komórki, wytworzyły promienie tam się kończące, a we wnętrzu wrzecionka ich niema, więc naturalnie, że tam nawet taka warstwa zróżniczkowanej protoplazmy się nie wytworzy. Posuwając się zatem ku środkowi komórki warstwa zróżniczkowanej protoplazmy, nie natrafiwszy na opór ze strony wrzecionka środkowego, zaciska je coraz więcej i w ten sposób tworzy się ciało międzykomórkowe, które na poprzecznym przekroju będzie miało kształt pierścienia.

III.

Karyokineza dwujądrowych komórek.

Z poprzednich uwag widzimy, że jeżeli jądro komórkowe przechodzi zmiany określone przez prawa mitozy, a protoplazma się nie dzieli, wtedy wytwarzają się dwujądrowe komórki. Takie komórki o dwóch jądrach, których plazma nie różni się zupełnie od plazmy komórek jednojądrowych, spotykamy bardzo często wśród nasieniowórczych komórek u *Helix*. Brak ten przewężania się i podziału ciała komórkowego może występować czasem dopiero podczas podziału spermatocytów II rzędu czyli, że dwujądrowa komórka będzie dwujądrową spermatidą. Jądra tej spermatidy mogą się zmienić w główki plemnikowe i wtedy mamy przed sobą typowe powstawanie dwóch plemników w jednej komórce. (fig. 19). Ale ten zastój w podziale protoplazmy może się zdarzać wcześniej, w poprzednich generacjach. W ten sposób powstać może dwujądrowy spermatocyt II rzędu, który przez podział każdego ze swych jąder bez równoczesnego podziału protoplazmy da komórkę czterojądrową, czterojądrową spermatidę (fig. 20), w której powstaną cztery plemniki (fig. 21). Jeżeli zastój w podziale protoplazmy, pojawiać się będzie w jeszcze wcześniejszych generacjach, zatem jeszcze w okresie ilościowego rozmnażania (*Wachstumsperiode*), wtedy dostaniemy ośmio- i szesnastojądrowe komórki, w których powstać może tyleż plemników, o czym później jeszcze obszerniej mówić zamierzam. W literaturze spotykamy się nie jednokrotnie ze spostrzeżeniami, że podziałowi jądra nie zawsze towarzyszy podział protoplazmy. Badając spermatogenezę u salamandry, zauważył już *Flemming* (12) taki zastój w podziale protoplazmy, pomimo, że jądro, a względnie jądra ulegały normalnemu podziałowi mitotycznemu, co powodowało powstawanie wielojądrowych komórek¹⁾ i wielokrotnej

¹⁾ führen die massenhaften indirecten Kernvermehrungen, die hier auftreten, nur zum Theil zur Zellvermehrung, andertheils bleibt diese aus und es resultiren vielkernige Zellen.

mitozy, której figury podał nawet Flemming w swej pracy, (por. Flemming fig. 16 i 49a—52).

Platner (37), który studyował ten sam materiał co ja, zrobił również to spostrzeżenie. „Da man nun alle Uebergänge von der prompt erfolgenden Theilung der ganzen Zellen bis zum völligen Ausbleiben derselben beobachten kann, da ferner die Theilung zu einer ganz verschiedenen Zeit noch eintreten kann“... i to swoje twierdzenie popiera Platner rysunkiem dwujądrowej komórki i całym szeregiem stadyów przejściowych, które do jej wytworzenia prowadzą¹⁾. Von la Valette St. George widział również dwujądrowe spermatocyty u *Blatta germanica*, bo w pracy jego nad spermatogenezą u tego owadu, widzimy rysunki dwujądrowych komórek. Autor nie wspominając nic o sposobie ich powstawania, nazywa je „Zwillings-Spermatocyten²⁾“.

Gilson (15), przedstawiając badania swe nad spermatogenezą u członkonogich, tak opisuje początkowe stadya tworzenia się kolonii komórek twórczych: „La division du protoplasme reste en retard sur la division du noyau. Les deux premiers noyaux se divisent à leur tour avant que le protoplasme n'entre en mouvement et la cellule devient multinucléée“.

W ostatnich czasach twierdzi Auerbach³⁾, że podział jądra bez podziału protoplazmy doprowadzić może do wytworzenia dwujądrowych komórek naseniotwórczych u *Paludina vivipara*: „W pewnych warunkach, mianowicie w niższej temperaturze objawia się zastój w dalszym rozwoju komórek naseniotwórczych pierwszej generacji. Zamiast wstępować natychmiast w okres mitozy i dalszego rozwoju, wzrastają komórki do znaczniejszych rozmiarów przyjmując materiał odżywczy. Skoro tylko w dwójnasób zwiększą swe rozmiary, dzieli się jądro na dwa, potem występuje najczęściej podział i przewężenie ciała komórkowego i wreszcie rozpadnięcie na dwie równe półokrągłe komórki. Jednak w innych przypadkach czas jakiś po pierwszym podziale nie występuje przewężenie ciała komórkowego; komórka wzrasta w dalszym ciągu niemal w czwórnasób, poczem następuje jeden jeszcze jądrowy podział, a więc wytworzenie czterojądrowej komórki; następnie podwójny podział i rozpadnięcie na cztery kuliste przestrzenie wypełniające ciało komórkowe. Zdaje się, że czasem i ten sposób rozmnażania postępuje o jeden krok dalej“.

¹⁾ Platner (37). Taf. XXIX.

²⁾ V. la Valette St. George (29). Erklärung der Abbildungen S. 12.

³⁾ Auerbach (1) pag. 433.

Moje badania potwierdzają spostrzeżenia wymienionych autorów, które nadto w wielu szczegółach mogą rozszerzyć i uzupełnić.

Wreszcie w ostatniej swej pracy o rozwoju plemników w jądrze salamandry wspomina Meves (32) o analogicznych zjawiskach tam napotykanym, które jednak uważa za anomalie: „Als Anomalien geben sich diese Mitosen übrigens auch schon durch ihre überaus häufige Pluripolarität und die verschiedene Grösse der Tochterzellen und Tochterkerne zu erkennen und dadurch, dass *eine Teilung des Zelleibes häufig ausbleibt, so dass mehrkernige Zellen entstehen*“. U *Helix* protoplazma komórek również często nie ulega podziałowi, mimoto nie możemy wielokrotnej karyokinezy uważać za anomalię, o czem jeszcze w końcu tej pracy mówić będę.

Już z tego, co dotąd powiedziałem, wypływa, że jądra w komórkach wielojądrowych spotykanych wśród gruczolu obojnaczego u *Helix* pomatia, tworzą się przez karyokinezę, a nie przez podział bezpośredni jąder (amitozę). Te wielojądrowe komórki mogą, jak wspominałem, należeć do rozmaitych generacji komórek twórczych. Ponieważ jednak ze względu na mechanizm podziału jąder obojętną jest rzeczą, czy mamy do czynienia ze spermatogonią lub spermatocytom, dla tego omawiać będę kolejno komórki dwu, cztero, ośmio-jądrowe i t. d. bez względu na to, do której generacji należałoby je zaliczyć, tem bardziej, że obserwowane przez nas komórki dwujądrowe były rozmiarów zwykle znacznie większych, niż komórki jednojądrowe, a żadnego zupełnie ścisłego stosunku między ilością jąder a rozmiarami komórki, jak to czynił Auerbach (1) u *Paludina vivipara*, nie mogłem stwierdzić. Dlatego też nie jestem w stanie rozstrzygnąć we wszystkich przypadkach, czy mamy do czynienia ze spermatogonią czy ze spermatocytom, albo też, do której generacji spermatogonii lub spermatocytom trzeba zaliczyć daną komórkę. Jedyne tylko wielojądrowe spermatidy dadzą się po charakterystycznym kształcie jądra wyróżnić; to też ten rodzaj komórek będę omawiał oddzielnie.

Na fig. 4. widzimy komórkę dwujądrową. Kształt dwujądrowych komórek przezemnie napotykanym był pospolicie eliptyczny lub okrągły. Kształt jąder zupełnie wykształconym zawsze kulisty, innego nigdy nie spotykałem w całkiem dojrzałej komórce. Wewnątrz jąder chromatyna ugrupowana jest w bryłkach, które złączone są z sobą lininową substancją. Bryłki nie mają zupełnie regularnie określonych kształtów, zwykle widać odchodzące od nich drobne wypustki. Resztę przestrzeni w jądrze wypełnia zupełnie przejrzysta substancja. Wewnątrz jąder spotykałem często jeszcze jąderko, zwykle nawet bywa ich kilka.

Zimmermann (46) widział jądra naseniotwórczych komórek u *Helix* zawierające koło 10 jąder. Stosunek wzajemny obu jąder do siebie i do komórki, był również zmienny. Spotykałem jądra leżące tuż obok siebie, czasem znów w większej lub mniejszej odległości, czasem dotykały one ścian komórki, kiedy indziej pozostawiały sporo miejsca dla protoplazmy między swoją powierzchnią a wewnętrznym obwodem komórki. Protoplazma jest drobnoziarnista, w niektórych miejscach była zbita w gęste bryłki. Bryłki te dają obraz podobny do tworów opisywanych niejednokrotnie pod nazwą jądra dodatkowego (Nebenkernel, noyau accessoire). Nazwą tą jednakże, jak słusznie zauważył Calkins (7) i Henneguy (20), posługuje się wielu autorów w celu oznaczenia rozmaitych tworów często całkiem różnego pochodzenia, tak, że w tem obszernem znaczeniu, nazwę tę i do tych bryłkowatych protoplazmatycznych tworów stosować możemy. Wśród protoplazmy oprócz tych bryłek protoplazmatycznych widzimy ku górze i ku dołowi pomiędzy jądrami, na linii przechodzącej przez środek komórki, a prostopadłej do osi łączącej centra jąder (fig. 4) dwa czarne punkta, są to centrosomy komórki dwujądrowej. Górny, znacznie wyraźniejszy, otoczony jest wybitną sferą, leży jakby wśród jasnej aureoli; kontury dolnego centrosomu są trochę mniej widoczne, gdyż przysłania go nad nim leżąca warstwa protoplazmy.

Jądra takiej komórki mogą przejść w dalszym ciągu w stan mitozy i wtedy mamy obraz dwóch figur karyokinetycznych, leżących w wnętrzu jednego ciała protoplazmatycznego. Flemming, opisując taką wielokrotną mitozę u komórek spermatogenetycznych salamander, stwierdził, że w wielojądrazstych komórkach jądra wstępują równocześnie w okres mitozy i że stadya karyokinetyczne przebiegają w tem samem ciele komórkowem równomiernie. Obserwował jednak, choć rzadko, przypadki, gdzie obok jąder spoczynkowych w tej samej komórce znajdowały się figury mitotyczne. Że u niektórych zwierząt rzeczywiście niema takiej równoczesności w przebiegu mitozy kilku jąder tej samej komórki, to stwierdza Gilson (15) u motyli: „dans une cellule à plusieurs noyaux, la division peut ne s'operer qu'autour d'un seul d'entre eux“. Co się tyczy *Helix*, to w wielojądrowych komórkach tego zwierzęcia wstępowały wszystkie jądra równocześnie w okres mitozy. Spoczynkowych jąder obok figur karyokinetycznych nigdy nie spotkałem.

Taką samą równoczesność skonstatować można w całym przebiegu mitozy. Wszystkie figury karyokinetyczne są w jednej komórce w tem samem stadyum, nietylko dwa jądra tej samej komórki, ale nadto w komórkach leżących na pewnej przestrzeni przeważa zawsze pewne sta-

dyum rozwoju. Nie jest to zresztą żadna specjalna właściwość tego ślimaka, bo badania spermatogenetyczne nad innymi zwierzętami, to moje spostrzeżenie w zupełności potwierdzają. Zauważył to n. p. Henking¹⁾ (19) u *Pyrrhocoris apterus*, a Calkins²⁾ (7) i Erlanger³⁾ (10) w rodzaju *Lumbricus*.

Chromatyna jąder, wstępujących w stadyum mitozy, okazuje budowę nitkowatą, a w późniejszym stadyum widzimy już cały szereg chromatynowych segmentów. Potem wolne końce każdego z nich łączą się z sobą i mamy wtedy obraz, który obserwował vom Rath (41) w spermatogenezie u *Gryllotalpa* a Meves (32) u salamandry, że chromosomy ugrupowane są w szereg kół zamkniętych w sobie.

Na fig. 5. widzimy stadyum przejściowe, w którym niektóre segmenty utworzyły już oddzielne koła. Naturalnie, że utrudnia to ogromnie sprawę oznaczenia ilości segmentów, czego zresztą na preparatach skrawkowych trudno jest dokonać z jakąkolwiek ścisłością. Co do ugrupowania chromatynowych pętli, to zauważyć wypada, że przestrzeń, bezpośrednio pod osłonką jądra leżąca, jest zupełnie wolna, przez chromosomy nie zajęta, i stądto na preparacie między osłonką jądrową a chromosomami, mamy przestrzeń zupełnie jasną. W miarę tego im dłużej komórka znajduje się w stadyum kłębka, tembardziej zwiększa się ta przestrzeń jasna, a chromatyna zbija się na środku. Jestto szczególnie, który w spermatogoniach u *Pyrrhocoris apterus* stwierdził Henking (19). Segmenty mają kształt nitkowaty początkowo jednolitej budowy, potem mają więcej ziarniste wejrzenie, tak, że każdy chromosom składa się z powłoki lininowej, w której umieszczone są ziarna chromatynowe (Pfitznera). Przestrzeń nie zajęta przez chromosomy w jądrze, wygląda zupełnie przejrzysto. Ku górze obok prawego kłębka widać dwa centrosomy leżące w protoplazmie, które staną później na dwóch biegunach jednej z karyokinetycznych figur komórki. Oba centrosomy połączone są przez delikatne pasemko. Jestto początek tworzącego się wrzecionka centralnego (secundäre Centrodesmose M. Heidenhaina). Centrosomy otoczone są jasną aureolą, wyraźniejszą nieco koło centrosomu lewego. W komórkach dwujądrowych i potem

¹⁾ „Die Zellen einer Spermatozyste, pflegen in der Regel sämtlich sich auf den gleichen Entwicklungsstadien zu befinden“.

²⁾ „..... it is a curious fact that in whatever stage of maturation a group may be, the nuclei are all in the same stage of activity at the same time“.

³⁾ „dass sämtliche Kerne, wenn sie in die Teilung begriffen sind, genau auf demselben Stadium sich befinden“.

w komórkach wielojądrowych u *Helix* trudno jest śledzić losy centrosomów w pierwszych okresach mitozy. Pochodzi to stąd, że jądra zajmują w stosunku do protoplazmy znaczną przestrzeń i dlatego w najważniejszej części preparatów przysłaniają nam obraz centrosomów.

Przeciwno obecności centrosomów w komórkach tworzących plemniki u *Helix* wystąpił w ubiegłym roku Bolles-Lee (5) twierdząc: „Je n'ai jamais vu ici, pas plus qu'au sommet du fuseau, la moindre trace de „Centrosome“. W tej samej pracy w innym miejscu mówi ten autor: „Je n'ai observé sur les fuseaux des spermatocytes des *Helix* aucun corpuscule polaire et je n'ai observé dans leur cytoplasme aucun centrosome“. Otóż na podstawie moich preparatów, to twierdzenie Bolles-Lee uważać muszę za mylne. Nietylko barwienie preparatów metodą Heidenhaina, ale i barwienie innymi metodami, dało dodatnie rezultaty, i jak z rysunku łatwo się przekonać, centrosomy występują z całą wyrazistością. Na preparatach, na których uwidocznione są centrosomy, daleko łatwiej jest obserwować wrzecionko, w rozmaitych stadyach jego rozwoju. To też ponieważ Bolles-Lee (5) nie zdołał wykazać centrosomów w spermatocytach u *Helix*, więc, jak słusznie zaznaczył Erlanger (11), tem trudniej mógł widzieć na swoich preparatach powstanie wrzecionka centralnego wśród plazmy i dlatego je wyprowadza z karyoplazmy. Ten związek, jaki między temi dwoma kwestyami istnieje, potwierdza zresztą sam Bolles-Lee mówiąc: „S'il n'y a pas de „centrosome“, il ne peut pas y avoir non plus de fuseau cytoplasmique formé par la division de ce corps et l'acroissement du pont de substance unissant ses deux moitiés“.

Sposób powstawania wrzecionka centralnego, który obserwowałem u *Helix*, zgadza się zupełnie z opisem podanym przez Hermanna (21) o wielkich spermatocytach salamandry „die während des Spiremstadiums aus einander rückenden Centrosomen durch eine lichte Brücke mit einander in Verbindung stehen; diese bildet sich zu einer äusserst zierlichen kleinen Spindel um“. To więc pasemko łączące oba centrosomy, które widzimy dokładnie na fig. 5., da początek późniejszemu wrzecionku centralnemu. Zgodnie ze spostrzeżeniami vom Ratha (41), Henkinga (19), i Bolles-Lee (5) uważam fig. 6. jako dalszy ciąg stadium kłęбка macierzystego. Elementy chromatynowe nie przyjęły jeszcze typowej formy chromosomów spotykanych u *Helix*, którą na następnych figurach będziemy mieli sposobność obserwować, ale rozrzucone są wśród przestrzeni wyraźnie dotąd jeszcze ograniczonej błoną jądrową.

Części chromatynowe są złączone przeważnie lininowymi nitkami, które jednak zdają się być już w zaniku. Resztę przestrzeni jądra wypełnia substancja, którą Bolles-Lee (5) tak opisuje: „L'impres-

sion que m'a laissée une étude attentive et fort prolongée de l'élément achromatique qui surgit ainsi dans le noyau, c'est qu'il est de consistance mi-solide ou gélatineuse plutôt que liquide“.

Stadya przejściowe do gwiazdy macierzystej, które miałem sposobność obserwować, zgadzają się z opisem podanym przez Zimmermanna, a dodać do tego opisu mógłbym chyba to, że w kilku przypadkach w stadyum, kiedy chromosomy ułożyły się obok wrzecionka, widziałem od bieguna ku chromosomom idące promienie¹⁾, co do których wyraża się Zimmermann (46): „Ich kann mich nicht erinnern achromatische Fäden nach den Chromosomen hinziehen gesehen zu haben“.

Ten sam rodzaj promieni wyrysował Bolles-Lee (5) na fig. 10.

Stadyum gwiazdy macierzystej wśród komórek tworzących plemniki u *Helix* najczęściej spotyka się wśród figur karyokinetycznych, co odpowiada znanemu faktowi, że gwiazda macierzysta jest okresem mitozy najdłużej trwającym²⁾.

W stadyum gwiazdy macierzystej osi obu figur mogą przyjąć we wzajemnym stosunku do siebie, najróżnorodniejsze położenie. Mogą się one ułożyć równolegle, prostopadłe i ukośnie. Na fig. 7. mamy obraz komórki w stadyum gwiazdy macierzystej, gdzie osi obu gwiazd leżą prawie na jednej płaszczyźnie i są do siebie równoległe. Na fig. 8. osi nie leżą już na jednej płaszczyźnie, co widać stąd, że cięcie, które tu szło równoległe do osi prawej gwiazdy, odcięło jedną połowę drugiej. Kąt nachylenia wzajemnego obu gwiazd może się bardziej jeszcze zwiększać; na fig. 9. osi są już do siebie prostopadłe, tak, że cięcie, które przechodziło przez oś gwiazdy lewej, przecięło w równiku gwiazdę z prawej strony leżącą.

Na obu biegunach każdej figury karyokinetycznej, widoczne są wyraźne centrosomy, gdzie tylko cięcie padło tak, że centrosomy znalazły się na płaszczyźnie cięcia, lub bezpośrednio pod nią. Preparaty barwione metodą Heidenhaina (fig. 8), odznaczają się szczególnie wybitnymi centrosomami. Pochodzi też w znacznej części stąd, że, jak n. p. na fig. 8., obok właściwego centrosomu zabarwiły się na małej przestrzeni także promienie biegunowe, które tu wszystkie znajdują punkt

¹⁾ Obserwacja odnosi się do karyokinezy prostej, choć z innych analogii wnioskować można, że i co do wielokrotnej ma się rzecz tak samo.

²⁾ Z drugiej strony ilość spotykanych tych lub owych karyokinetycznych figur, zależna jest przynajmniej na naszym materiale w pewnym stopniu od badanego osobnika. W każdym gruczole obojnaczym badanego indywiduum, przeważało pewne stadyum podziału, podczas gdy komórki w innym okresie mitozy, a zwłaszcza późniejszym, spotykaliśmy u tego indywiduum znacznie rzadziej.

przyczepienia; ponieważ, jak to jest rzeczą wiadomą, metoda Heidenhaina ma własność silnego barwienia promieni protoplazmatycznych, leżących w bezpośredniej styczności z temi częściami komórki, które z natury swojej ulegają bardzo intensywnemu zabarwieniu (chromatyna, centrosomy). Od obu centrosomów rozchodzi się do koła wyraźne promieniowanie biegunowe. Na fig. 7. promieniowanie to bardzo wybitne, zajmuje całą prawie przestrzeń komórki. Odrębne promienie można śledzić aż do samej granicznej warstwy komórkowej. Z jednej strony widać nawet, że promienie wychodzące z jednego bieguna, dążące ku równikowi jednej i tej samej gwiazdy, przechodzą poza równik i krzyżują się z promieniowaniem bieguna przeciwległego. Wybitne promieniowanie widać też na fig. 8., a jakkolwiek na fig. 9. jedna gwiazda została w równiku komórki przecięta, to i tam widać promieniowanie biegunowe, rozchodzące się od bieguna leżącego w głębi. Zauważyć przytem wypada, że chociaż oba jądra równocześnie znajdują się w stadium podziału i z tego powodu wytworzyły się dwa oddzielne systemy promieni w jednym ciecie komórkowym, to mimoto nie spostrzegliśmy nigdy, żeby oba te rodzaje promieni wchodziły w kolizyą ze sobą, jak się to dzieje w karyokinezie wielokrotnej sztucznie wywołanej, o czem poniżej mówić zamierzam.

Między obu centrosomami każdej z karyokinetycznych figur komórki, widać wyraźnie wielkie, beczkowatego kształtu wrzecionko. W równiku wrzecionka ugrupowane są chromosomy w dwojaki sposób: w jednym rodzaju komórek leżą wszystkie chromosomy w jednej płaszczyźnie, w drugich komórkach spotykałem chromosomy w dwóch bezpośrednio nad sobą leżących płaszczyznach¹⁾.

Co do liczby chromosomów to w tych przypadkach, gdy cięcie padło tak, że mogliśmy mieć pewność znalezienia wszystkich chromosomów na płaszczyźnie cięcia, lub gdy się w seryi dały odszukać następane

¹⁾ Mówi o tem Henking (19) ... „dass die Chromosomen der Ursamenzellen (bei Seitenaussicht) einreihig aufgestellt sind, diejenigen der Spermatozyten zweireihig“.

Nie jestto jednakże ścisłe wyrażenie, bo jak z dalszej części pracy Henkinga widać, przez wyraz „Spermatozyte“, rozumie Henking w tem miejscu tylko spermatozyt I rzędu. W spermatozytach bowiem drugiego rzędu, jak fig. 4. tejeż pracy Henkinga wskazuje, mamy znów chromosomy ugrupowane w jednym rzędzie. Widać to zresztą z obrazów i opisów metakinezy w tych komórkach. To też z pracy Henkinga wypływa, że w spermatozytach II rzędu są chromosomy ugrupowane zawsze w dwóch rzędach, w spermogoniach zaś i spermatozytach I rzędu leżą wszystkie chromosomy na jednej płaszczyźnie. O ile dotychczasowe badania pozwalają mi sądzić, jakkolwiek co do części chromatynowych w różnych generacjach nie uważam mych badań za ukończone, stosunki u *Helix* są podobne do tych, które Henking opisał u *Pyrrhocoris*.

skrawki, stwierdziłem chromosomów 24. Liczbę tę zgodną ze spostrzeżeniem Platnera (37), vom Ratha (41), Bolles-Lee (5) i Zimmermanna (46), uważać należy jako typową u *Helix pomatia*¹⁾.

Chromosomy w stadyum gwiazdy macierzystej, mają kształt przedziurawionych krążków albo pierścieni o bardzo grubych ścianach. Czasem się wydaje jakby chromatyna tworzyła krótkie wypustki wzdłuż promieni achromatycznych. Obserwować to można mianowicie na preparatach, barwionych metodą Heidenhaina fig. 8., co się jednak tłómaczy znanymi właściwościami Heidenhainowskiej metody. Ugrupowanie morfologicznych części protoplazmy w tym okresie mitozy jest trochę odmienne, niż w ciągu dotychczasowych stadyów; w obrębie samego wrzecionka widać tylko sok komórkowy i nitki chromatyczne, a cała ziarnistość protoplazmy ugrupowana jest na zewnątrz od wrzecionka centralnego. Wspominał już o tem Auerbach (1), podając to jako charakterystyczną różnicę między strukturą protoplazmy w czasie karyokinezy u *Helix* i w badanym przez niego podziale komórkowym w spermatogenezie u *Paludina vivipara*.

Nie miałem sposobności obserwować stadyum podwójnej metakinezy, na podstawie jednak analogii, jaka zachodzi między wszystkimi stadyami wielokrotnej mitozy i karyokinezy pojedynczej wnioskować można, że i przebieg metakinezy podwójnej nie różni się od pojedynczej. Obrazów pojedynczej metakinezy miałem wśród moich preparatów stosunkowo znaczną liczbę. Jest ona już opisana przez Zimmermanna²⁾ (46) u *Helix*, Henkinga³⁾ (19) u *Pyrrhocoris*, a zgodność moich obserwacji z tymi opisami była zupełna. O ile stadyum gwiazdy macierzystej było częste, o tyle rzadko spotyka się komórkę w okresie gwiazdy potomnej. Znowu tłómaczymy to sobie krótkością trwania tego okresu w podziale jądra. Długość lub krótkość trwania pewnych stadyów mitotycznych jest jedną analogią więcej między wielokrotną a pojedynczą karyokinezą, to samo bowiem spostrzeżenie zrobił Henking na spermatocytach innych zwierząt (l. c.), a nadto wielu autorów obserwowało to na innych tkankach lub też pierwszych komórkach

¹⁾ Zdwojenia chromosomów przed podziałem redukcyjnym, o czem wspomina vom Rath (41), na podstawie dotychczasowych badań nie udało mi się stwierdzić.

²⁾ ... „bald nehmen die Chromosomen Hantelform an, theilen sich in zwei Klümpchen, welche nach den Polen zu marschieren, um sich dort zu einem Haufen zu vereinigen.

³⁾ Die Einschnürung wird tiefer und trennt schliesslich das Element in zwei Theile derart, wie wir es bereits von der Ursamenzellen kennen gelernt haben und wie es in fig. 49. und 50. abgebildet ist“.

embryonalnych. Świadczy to tedy wymownie za tem, że nawet w razie zapóźnionego podziału protoplazmy, mitozą odbywa się normalnie według praw obowiązujących ogólnie karyokinezę.

Na fig. 10. widać komórkę w stadium podwójnego dyastru. Ma ona kształt rombu o zaokrąglonych rogach, a ta zmiana kształtu (bo w poprzednich okresach miała komórka kształt okrągły lub eliptyczny), pochodzi stąd, że cała komórka wydłużyła się wzdłuż osi obu wrzecionek, w tym przypadku ułożonych prawie równolegle. Niejednokrotnie obserwowane było takie wydłużenie w pojedynczej karyokinezie. Wspomina o tem Heidenhain (17), Meves (32) i inni. Tłómaczy się to, jak to bliżej omawia Kostanecki (25), równomiernem rozłożeniem po obu stronach równikowej płaszczyzny komórki, widocznie więc, że prawo to stosuje się także do wielokrotnej karyokinezy. Obie gwiazdy, leżące w tej komórce, znajdują się w okresie stosunkowo późnym dyastru tak, że obserwować tu możemy początek okresu znanego pod nazwą telokinezy. Jakkolwiek kształt chromosomów się nie zmienił, zatrzymały bowiem nadal postać krążków, to różnią się one znacznie co do rozmiarów, są bowiem prawie o połowę mniejsze od chromosomów, opisywanych w stadium gwiazdy macierzystej. Kształt i rozmiary wspomnianych elementów chromatycznych są następstwem opisanego przebiegu metakinezy chromosomów. Na biegunach po lewej stronie leżą małe centrosomy, od których odchodzą wiązki biegunowego promieniowania. Choć centrosomów nie widać wyraźnie po prawej stronie z powodu położenia, jakie one zajmują względem płaszczyzny przekroju, to jednak wyraźny jest punkt zborny promieni biegunowych i tych, które dążą do chromosomów. W tych punktach umieszczone są centrosomy. Położenie centrosomów w komórce uległo już teraz znacznej zmianie, co przedewszystkiem tyczy się w naszej figurze strony prawej. Ruchy, które wykonały centrosomy, podobne są do ruchów, określonych prawami telokinezy komórek w karyokinezie prostej. Następuje wtedy skręcenie wrzecionka, które jest również widoczne na fig. 10. w górnym dyastrze. Zdaje się, że w dyastrze dolnym rozpoczęło się już wygięcie wrzecionka, i dlatego znaczna część wrzecionka została odcięta. Obserwowaliśmy już takie wygięcie wrzecionka centralnego w komórce z mitozą pojedynczą, w której jednakże ciało protoplazmatyczne nie ulegało przewężeniu (fig. 2, 3).

Struktura protoplazmy została ta sama; w obrębie wrzecionka ma ona i tu przejrzyste wejrzenie, bez wyraźnej ziarnistości. W dalszych stadiach losy elementów chromatycznych zależne są od generacji komórek, w których się podział odbywa. W jednych zlewają się one jakby w jedną całość. Wspomniał o tem już Henking: „je näher

sie (Chromosomen) aber dem Pole kommen, um so dichter treten sie zusammen⁴. W innych generacjach odrębność elementów chromatycznych utrzymuje się nawet w czasie, gdy się utworzyła już osłonka jądrowa; coś podobnego widzieliśmy w obrazach pojedynczej mitozy (fig. 2, 3). Są to stadya przejściowe, prowadzące do powstania czterojądrowej komórki nasienio-twórczej. Pomimo wytworzenia się w takiej czterojądrowej komórce jąder spoczynkowych, utrzymuje się ślad przebiegu mitozy w wnętrzu ciała komórkowego. Widać tam na fig. 12., o której bliżej później jeszcze będzie mowa, resztki wrzecionka centralnego w postaci stożków achromatycznych promieni.

IV.

Karyokineza komórek czterojądrowych.

Kształt czterojądrowych komórek nie jest już tak regularny, jak to widzieliśmy w komórkach dwujądrowych. Wydłużenie wzdłuż osi wrzecionka, które mieliśmy sposobność obserwować na fig. 10, pozostaje czasem jeszcze w stadyum czterech spoczynkowych jąder fig. 11. Ugrupowanie jąder charakteryzuje czterojądrowe komórki, bo jądra leżą jakby na rogach rombów. Spostrzeżenia te zrobiłem w przeważnej liczbie przypadków. Jądra te są trochę mniejsze od opisywanych dwujądrowych komórek, natomiast nie różnią się zupełnie strukturą. W protoplazmie widziałem często po kilka t. zw. jąder dodatkowych. W ten sposób mamy przed sobą komórkę o czterech spoczynkowych jądrach, którą podwójny los może spotkać¹⁾: albo protoplazma skoncentruje się do koła każdego z czterech jąder i czterojądrowa komórka rozpadnie się na cztery komórki oddzielne, albo też protoplazma zostaje w dalszym ciągu nie podzielona, a każde z jąder wstępuje na nowo w okres karyokinezy. Ten nowy okres podziału jąder prowadzi do wytworzenia ośmiojądrowej komórki. Proces rozpadania się komórki na cztery jednojądrowe wyobraża nam fig. 12²⁾.

Wybitne jądra, z których dwa zawierają na płaszczyźnie przecięcia jąderka, różnią się na rysunku wielkością dlatego, że płaszczyzna przekroju, która w dolnych terytoryach komórki przeszła przez równik jądra, przecięła jądra górnych terytoryów znacznie ponad równikiem.

¹⁾ O czterojądrowych spermatidach, z których powstaną cztery plemniki, mówić będę w dalszej części tej pracy.

²⁾ Podobną figurę, choć o ile mi się zdaje, mocno zshematyzowaną podał Auerbach (1) w ostatniej swojej pracy na fig. 6 d.

Widać to już z tego, że kontury górnych terytoryów wchodzą pod kontury terytoryów dolnych. Wzajemne oddzielenie przyszłych czterech komórek rozpoczyna się od zewnętrznej powierzchni i posuwa się ku centrum pierwotnej komórki. Stożki promieniste, idące od jąder ku środkowemu punktowi pierwotnej czterojądrowej komórki, są, jak wspominałem, najprawdopodobniej resztkami centralnego wrzecionka.

Podobny proces rozpadania się czterojądrowej komórki na cztery części obserwował Ziegler¹⁾ w sztucznie wywołanej wielokrotnej mitozie, w komórkach w okresie brózdowania i w ten sposób doszedł do wniosku, że jak dosłownie mówi: „wenn die Zellteilung bei einer Mitose unterblieb, so tritt sie oft bei der folgenden Mitose ein in der Weise, dass gleichzeitig vier Zellen entstehen“.

Wspomniałem wyżej, że nie zawsze czterojądrowa komórka rozpada się na cztery oddzielne, lecz, że czasem do podziału protoplazmy nie przychodzi, a jądra, po przejściu stadyum spoczynkowego, przechodzą znowu w mitozę. Proces karyokinezy podwójnej dwubiegunowej, który doprowadził do wytworzenia się czterech jąder, ustępuje teraz miejsca karyokinezie poczwórnej, której celem jest wytworzenie ośmiu jąder w jednym ciele komórkowym. Na fig. 13. mamy przed sobą komórkę, której cztery jądra, znajdujące się w stadyum kłębka, rozpoczynają okres mitozy. Rozmiary komórki były dość znaczne. Ponieważ na trzech skrawkach seryi grubych po 5 μ . mogłem części komórki odnaleźć, więc wnoszę stąd, że średnica jej wynosi od 15—20 μ .

Kształt komórek czterojądrowych w tem stadyum zbliżony jest znów więcej do kulistego. Kłębki leżą obok siebie choć niezupełnie w jednej płaszczyźnie. Kontury ich zaznaczają się wybitną osłonką jądrową. Struktura chromatyny w pętlach i jej ugrupowanie, w stosunku do osłonki jądrowej, podobne są zupełnie do kłębków podwójnych, dla tego nie będę powtarzał opisu. Bezpośrednio pod płaszczyzną przekroju ulega chromatyna skurczeniu i stąd pochodzą czarne kulki widoczne na brzegach poprzecinanych pętli. W protoplazmie zwłaszcza ku dołowi widać ostro rysujące się grudki protoplazmy, przypominające swoim wejrzaniem twory opisywane jako jądra dodatkowe. Ilość ich w protoplazmie bywa zmienna i stałego ich stosunku do ilości jąder wykazać nie można, zwłaszcza na skrawkowych preparatach.

Stadyum poczwórnej gwiazdy macierzystej spotykałem najczęściej pomiędzy figurami poczwórnej mitozy. Ugrupowanie gwiazd ulega wielkim zmianom i zależy od ilości protoplazmy. W komórkach dominu-

¹⁾ Bliższe szczegóły tej pracy podaję w części ogólnej.

jących rozmiarami i ilością protoplazmy, ugrupowane są figury karyokinetyczne w znacznej od siebie odległości. Osi ich leżą wtedy w różnych płaszczyznach. Kolizji między systemami promieniowania nie można spostrzec. Promienie wszystkich systemów kończą się w neutralnej protoplazmatycznej warstwie. Komórka taka tworzy jakby cztery oddzielne terytoria w swoim wnętrzu, terytoria, których granice są tylko idealne, a komórka tworzy jednolitą całość. Fig. 14. przedstawia nam taką komórkę w stadium gwiazdy macierzystej. Płaszczyzna przecięcia skrawka, który tu jest odrysowany, przeszła przez płaszczyznę osi jednej tylko gwiazdy, leżącej na lewo i ku dołowi. Na płaszczyźnie przecięcia widać oba bieguny, na dolnym zupełnie wyraźnie centrosom. Trzy inne gwiazdy, leżące w tej komórce, są mniej lub więcej nacięte, zwłaszcza z gwiazdy najwyższej leżącej, pozostało zaledwie pięć chromosomów, reszta znajduje się na innych skrawkach. Gdzie cięcie padło tak, że biegun leży na jego płaszczyźnie, obserwować możemy biegunowe promieniowanie. Chromosomy wszystkich czterech gwiazd mają kształt pierścieni o grubych ścianach, wogóle nie różnią się od chromosomów podwójnej lub pojedynczej gwiazdy macierzystej. Budowa protoplazmy, w szczególności ugrupowanie jej morfologicznych składników zupełnie podobne jest do tego, które opisaliśmy przy podwójnej gwieździe macierzystej. Inaczej przedstawiają się stosunki, jeżeli komórka nie dorosła do większych rozmiarów, a cztery jądra będące w mitozie, doszły do stadium gwiazdy macierzystej. Na fig. 15. odrysowano taką komórkę, zawierającą poczwórną macierzystą gwiazdę. Na pierwszy rzut oka robi ona wrażenie typowej czterobiegunowej gwiazdy macierzystej, takiej, jaką opisywano wśród karyokinezy olbrzymich komórek. Jednakowoż bliższa obserwacja okazała, że mamy przed sobą komórkę, której cztery jądra równocześnie znajdują się w mitozie, w stadium dwubiegunowej gwiazdy macierzystej. Przemawia zatem przedewszystkiem ugrupowanie i ilość chromosomów, oraz stosunek, jaki względem nich zajęły achromatyczne części komórki, w szczególności wrzecionka. Co do ugrupowania chromosomów, to można je rozdzielić między cztery wrzecionka, stykające się biegunami tak, że w środku komórki zehodzić się będą płaszczyzny równikowe każdej z czterech figur. Włókien, idących od lewego centrosomu do chromosomów, po prawej stronie leżących, niema. Ilość chromosomów również odpowiada mojemu przypuszczeniu. Wspomniałem wyżej, że za typową liczbę uważać można u *Helix* 24. chromosomów. Licząc chromosomy w trzech skrawkach seryi, w której leżała wspomniana komórka, znalazłem liczbę zbliżoną do 96, która odpowiada właśnie ilości czterech gwiazd macierzystych. Na fig. 15. po lewej stronie widać oddzielne centrosomy każdego wrzecionka, po stronie przeciwle-

głej, prawej znalazłem drugi leżący na następnym skrawku. Czy ku górze i ku dołowi są oddzielne bieguny, nie mogłem skonstatować, a złączenia dwóch centrosomów w jeden przez bezpośrednie sąsiedztwo także stanowczo wykluczyć nie można.

Doprowadza mnie to do wniosku, że tutaj odbywa się równocześnie typowa mitozą czterech jąder, odmienna od mitozy spotykanej w olbrzymich komórkach, o której Kostanecki (24) zauważył: „dass hier eine typische eigenartige Teilungsform vorliegt und nicht eine gleichzeitige normale bipolare Teilung mehrerer Kerne einer Zelle“.

Przechodzimy teraz do poczwórnej gwiazdy potomnej (poczwórnego dyastru). Stadyum to, które wyobraża nam fig. 16. jest znacznie wcześniejszą gwiazdą potomną, niż obserwowany na fig. 10. podwójny dyaster. Żadnego skręcenia ani przewężenia wrzecionka centralnego, które poprzedza przejście do telokinezy, jeszcze nie widać, owszem po lewej stronie, gdzie płaszczyzna cięcia przeszła przez oś figury widać beczkowato wypukłone wrzecionko, charakteryzujące się przejrzystym wejrzaniem tej części plazmy, która wrzecionko otacza. Od chromosomów leżących na prawo od tej figury ku biegunowi, dąży stożek promieni w kierunku horyzontalnym; ku górze zaś widać jeszcze wiązkę achromatycznych promieni; ze znaczenia jej jednak nie mogę sobie zdać sprawy. Zresztą chromosomy i protoplazma nie różnią się zupełnie od opisanych w podwójnym podziale jądra, i tak, jak on prowadzi do wytworzenia czterech jąder w jednej komórce, tak wynikiem poczwórnego podziału jest wytworzenie ośmioletrowej komórki.

V.

Karyokineza ośmio i wielojądrowych komórek.

Komórki ośmioletrowe spotykałem dość często wśród naszych preparatów. Komórkę taką o ośmiu spoczynkowych jądrach przedstawia fig. 17. Rozmiary jej nie wiele różnią się od czterojądrowych komórek, zawierających jądra w mitozie. Ponieważ wytworzyły się jednak jądra w ilości dwa razy większej niż było figur karyokinetycznych, a rozmiary komórki mało co wzrosły, więc muszą te jądra rozpychać komórkę, a ślady tego wewnętrznego ciśnienia odbijają się na zewnętrznym kształcie komórki. Zaokrąglone kontury stały się teraz po większej części liniami prostymi, a głównie tylko nad jądrami widać zaokrąglone brzegi. Ugrupowanie jąder jest podobne do tego, któreśmy opisali w komórce o czterech jądrach spoczynkowych. Zamiast jednego rombu, na

którego rogach ułożone są jądra, mamy teraz takie dwa romby, aby ośm jąder pomieścić w komórce. W strukturze jąder różnicy nie widać, a przekrój padł tu tak szczęśliwie, że w każdym jądrze widzimy po jednym lub kilka jąderek. Ale wytworzenie ośmiu jąder nie jest jeszcze granicą maksymalną ich rozmnażania, bo spotykałem komórki, gdzie wszystkie ośm jąder wstępowało równocześnie w okres mitozy. To moje spostrzeżenie jest uzupełnieniem i stwierdzeniem spostrzeżeń Auerbacha, który, mówiąc o dwu i czterojądrowych komórkach naseniotwórczych jąder u *Paludina vivipara*, podaje: „Eine noch höhere Steigerung der Gesamtgrösse und der Kernzahl ist an solchen ungegliederten Kugeln von mir nicht beobachtet werden; ich habe indessen auf Grund einer bald zu erwähnenden Thatsache Veranlassung zu vermuten, dass derartiges doch, wenn auch seltener vorkommt“.

Na podstawie moich preparatów, nietylko można stwierdzić stadyum ośmiu spoczynkowych jąder, ale są one dowodem, że drogą mitozy wytworzyć ich się może szesnaście. Początkowe stadyum karyokinezy ośmiokrotnej widać na fig. 18., gdzie mamy w jednej komórce ośm obok siebie leżących kłębków. Rysunek tej komórki jest obrazem rekonstruowanym z czterech skrawków. Część ciała komórkowego widać jeszcze na piątym skrawku, co uprawnia mnie do wniosku, że komórka ma w średnicy najmniej 25 μ . Zresztą proste porównanie rozmiarów komórki o ośmiu spoczynkowych jądrach (fig. 17.) i komórki z ośmiu jądrami w stadyum kłębka macierzystego (fig. 18.), jest dostatecznym dowodem, że przed wejściem w okres mitozy, przechodzi komórka peryod wzrostu, zwiększający znacznie rozmiary ciała protoplazmatycznego. Rozmiary te zachowa komórka aż do stadyum wytworzenia ostatnich 16. jąder. Strukturą nie różnią się kłębki od tych, które opisywałem w dwu i czterojądrowej komórce. W plazmie rozsiane są w bardzo wielkiej ilości t. zw. dodatkowe jądra, których na fig. 18. wyrysowano tylko nie wiele, ponieważ strukturę plazmy ze względu na trudności rekonstrukcyi rysowałem według jednego skrawka. Jakkolwiek nie spotkałem wśród moich preparatów dalszych okresów karyokinezy, które prowadzą do wytworzenia 16. jąder w jednej komórce, jestem jednak pewny, że karyokineza ta w dalszym ciągu prawidłowo się odbywa, czego najlepszym dowodem jest, że niejednokrotnie spotykałem komórkę, w której wnętrzu widać 16. plemników (fig. 22). Nadto mogę przypuścić, że komórki o 32. jądrach, względnie 32. plemnikach istnieją wśród obojnaczego gruczołu *Helix*. Stawiając takie przypuszczenie, opieram się na nowszych badaniach spermatogenezy. Wykazują one, że w procesie karyokinetycznym, którego celem jest zmiana spermatocyту II rzędu na spermatidę stadyum spo-

czynkowego skonstatować nie można (Henking¹⁾ (19), vom Rath²⁾ (41), Erlanger³⁾ (11), Meves⁴⁾ (32).

Jednym słowem spermatocytu II rzędu w stadium spoczynkowym nie obserwowano⁵⁾. A jeżeli na fig. 17. widzimy komórkę z ośmiu spoczynkowymi jądrami, która przechodzi potem w okres mitozy, jak świadczy początkowe stadium karyokinetyczne, (fig. 18), to możemy na podstawie dopiero przytoczonych spostrzeżeń wnioskować, że komórka ta nie jest spermatocytom II rzędu. Ponieważ budowa jąder nie pozwala nawet przypuścić, żebyto miała być spermatida ośmiojądrowa, a zatem ta komórka z ośmiu spoczynkowymi jądrami jest co najwyżej spermatocytom I rzędu. Spermatocyt I rzędu dwa razy przejść musi proces mitozy. Pierwsza karyokineza zdwoi ilość jąder, a gdy w ten sposób powstałe 16. jąder spermatocyta II rzędu ulegną podziałowi, żeby dać początek spermatidom, to ta ostatnia komórka (spermatida) zawierać musi 32. jąder. Jednakowoż wytworzenie takiej trzydziestodwujądrowej komórki zależne jest jeszcze od pewnych okoliczności. Widzieliśmy mianowicie, że czterojądrowa komórka może się rozpaść na cztery komórki jednojądrowe (fig. 12). Podobny proces przypuścić można w ośmio i szesnastojądrowej komórce, a wtedy naturalnie do wytworzenia komórki o 32. jądrach nie przyjdzie. Jakkolwiek opisując stadya karyokinezy w komórkach twórczych obojnaczego gruczołu u *Helix*, nie klasyfikowaliśmy komórek według generacji, to jednak co do ich ogólnej

¹⁾ Henking mówiąc o chromosomach w ostatnich stadyach podziału spermatocytów I rzędu u *Pyrrhocoris* zauważył: „Ohne dass sie nun aber in Stadium eines ruhenden Kernes übergangen, werden sie noch einmal geteilt“.

²⁾ Zwischen den beiden, sofort auf einander folgenden Teilungen — mówi autor — gehen die beiden Tochterzellen nicht wie gewöhnlich ein Ruhestadium ein, womit zusammenhängt, dass die zweite Teilung ohne die gewohnten Vorbereitungen (Knäuelbildung und Fadenspaltung) stattfindet“.

³⁾ „Bekanntlich — mówi autor — wird jetzt in der Spermatogenese eine Reduktion der Kernsegmente durch zwei, ohne Ruheperiode aufeinander folgende, Teilungen fast allgemein behauptet“.

⁴⁾ Meves tak zaczyna opis podziału spermatocytów I rzędu: „Die zweite homöotypisch verlaufende Reifungsteilung schliesst sich an die erste heterotypische an, ohne dass ein eigentliches Ruhestadium des Kerns durchlaufen würde, sondern dieser tritt aus dem Dispiremstadium von neuem in Mitose“.

⁵⁾ Odmiennego tylko zdania w tej kwestyi jest Auerbach, który mówi: „Sämtliche Teilungen mit einem bläschenförmigen Ruhezustande des Kerns abschliessen“. Na podstawie własnych spostrzeżeń przyłączyć się muszę raczej do zdania całego szeregu wspomnianych wyżej autorów, których rezultaty uważane być muszą za pozytywne, skoro zdołali obserwować przejście z ostatnich stadyów poprzedniej mitozy do pierwszych okresów następnego podziału.

liczby, możemy zaznaczyć stanowczo, że jest ona większa, niż to u *Helix* przyjmuje Z i m e r m a n n. Autor ten mówiąc o komórkach, które dać mają początek plemnikom, zauważył: „Diese letzteren Zellen zerfallen, wie ich glaube, in drei Generationen, in deren jeder man wiederum verschiedene Entwicklungsstadien unterscheiden muss“.

Gdybyśmy chcieli ustawić w genetycznym szeregu, odrysowane na tablicy komórki, to dwujądrowe byłyby co najmniej drugą generacją, czterojądrowe trzecią, komórki o ośmiu i 16 jądrach czwartą i piątą, a trzydziestodwujądrowe komórki, których egzystencji można teoretycznie dowieść, są szóstą generacją. Trzy ostatnie generacje będą: spermatoocyty I rzędu (komórki ośmiejądrowe), spermatoocyty II rzędu (komórki o 16 jądrach), spermatidy (komórki o 32 jądrach). Trzy pierwsze generacje odnieść należy do spermatogonii, które przez kilkakrotny podział rozmnażają się w tym razie tylko co do liczby jąder. Naturalnie, że liczba sześciu pokoleń, jest liczbą minimalną, bo zanim ciało komórkowe spermatogonii przestało się dzielić, a przez ustawiczny podział powiększała się tylko liczba jąder w komórce, mógł się wprzód odbywać podział, obejmujący jądro i ciało komórkowe. W tym razie zatem tylko zastój podziału ciała komórkowego, datuje się od 6. generacji, ale ogólna ich liczba może być znacznie większa. Że wśród spermatogonii jest cały szereg generacji, tego z góry wypada się spodziewać z analogii, jaka istnieje między spermatogenezą u *Helix* i u innych zwierząt. Platner (37), Boveri (6), vom Rath (41, 42), Erlanger (11), Meves (32), Rückert (43), Ishikawa (22), Henking (19), Gilson (15), Auerbach (1), i inni wykazali na rozmaitych zwierzętach, że w tak zwanym okresie ilościowego rozmnażania (Wachstumsperiode) mnożą się spermatogonie przez kilkakrotny podział. Tak samo rzecz się ma u *Helix* i stąd tak znaczna liczba generacji wśród spermatogenetycznych komórek tego zwierzęcia.

VI.

S p e r m a t i d y.

Wspominałem, że spermatoocyty II rzędu przez ostatni podział przechodzą w spermatidy, a te już bezpośrednio drogą przeistoczenia zamieniają się na plemniki. Jeżeli w tym ostatnim podziale jednojądrowego spermatoocytu II rzędu weźmie udział tylko jądro, a protoplazma pozostaje nie podzieloną, jak to tylokrotnie widzieliśmy wśród spermatogonii lub spermatoocytów, wytworzy się wtedy spermatida dwu-

jądrowa, z której powstaną dwa plemniki¹⁾. Kształt tych komórek, które nazywamy spermatidami, jest zwykle okrągławy, bywa jednak znacznie więcej wydłużony i mniej regularny, niż spotykany wśród innych komórek naseniotwórczych. Rozmiary jąder są więcej niż o połowę mniejsze, od poprzednio opisywanych, a wejście ich tak jest charakterystyczne, że po nim można z łatwością odróżnić spermatidy od innych komórek w gruczole płciowym spotykanych. Kształt jąder zależy od stadium, w którym się znajduje spermatida. Bezpośrednio po ukończeniu ostatniego karyokinetycznego procesu, jądra spermatidów dwujądrowych²⁾ mają kształt okrągły i są znacznie jaśniejsze od jąder wprzód opisanych komórek. Chromatyna jest ugrupowana przeważnie koło obwodu jądra, choć i w jasnym jego wnętrzu spotyka się drobne, stosunkowo rzadko rozrzucone bryłki chromatynowe. Osłonka jądrowa jest w tym stadium bardzo wyraźna. W późniejszych okresach zaczynają jądra zmieniać swój kształt. Stają się one w poprzecznym kierunku wydłużone, a zarazem wygięte w stronę, w której się później pojawi włókno osiowe witki plemnika, tak, że ku witce zwrócona jest wklęsła powierzchnia coraz mocniej zbitej masy chromatynowej. To mocne skondensowanie chromatyny, pochodzi stąd, że jądro zmniejsza swe rozmiary, choć jednak ciągle znać ugrupowanie największej ilości chromatyny na obwodzie jądra. Proces skupienia chromatyny na mniejszej przestrzeni jądra odbywa się w ten sposób, że chromatyna odsuwa się od pewnej przestrzeni osłonki, pozostawiając jasną przestrzeń nie zajętą przez chromatynę i przestrzeń ta coraz się bardziej zwiększa od strony przyłączenia witki przyszłego plemnika. Przez to coraz wyraźniej zarysowuje się ułożenie chromatyny w postaci ciała półksiężycowatego, które widzimy w późniejszych stadiach rozwoju plemników. W protoplazmie takiej komórki widać zwykle kilka wybitnych t. zw. dodatkowych jąder. Na fig. 19. widzimy tworzące się dwa plemniki w jednej komórce. Struktura chromatyny w ich główkach wskazuje, że nie są to jeszcze

¹⁾ O wytworzeniu się wielojądrowych spermatidów mamy wzmiankę w pracy Platnera (33): „Auch in diesem Falle erfolgt die Teilung des Protoplasmas unvollkommen oder gar nicht. So kann es geschehen, dass zuweilen eine beträchtliche Zahl von Kernen innerhalb derselben Protoplasmanmasse zu liegen kommt“.

Dwujądrową spermatidę u *Pyrrhocoris apterus* wyrysował Henking na fig. 119 i 130. Choć autor nie wdaje się w wyłomaczenie genezy dwóch jąder w jednej komórce, zdaje mi się, że można przypuścić, że one powstały w sposób podobny do tego, który opisałem u *Helix*.

²⁾ Kształt i struktura jąder dwu- i czterojądrowych spermatidów nie różnią się od siebie, dlatego czterojądrowa komórka (porówn. fig. 20), daje dokładny obraz jąder spotykanych w dwujądrowych komórkach.

dojrzałe plemniki, ale że do kompletnego wykształcenia nie wiele im brakuje. Od obu główek odchodzą włókna osiowe witek od strony, w którą zwrócone jest wklęsła swą powierzchnią wygięcie jądra. Witki przebiegają przez długość komórki. Włókno osiowe jednego z nich nawet zakreca się koło główki drugiego plemnika i na drugiej stronie zostało przecięte. Od strony wypukłej jądra schodzi stożek promieni achromatycznych, o którym jeszcze później mówić będę.

Spermatidy czterojądrowe powstają wtedy, gdy podział komórki, który zmienić miał spermatocyt I rzędu na spermatocyt II rzędu, dosięgnął tylko jądra, podczas gdy ciało protoplazmatyczne podziałowi nie uległo. Wtedy naturalnie już spermatocyt II rzędu będzie dwujądrową komórką, a gdy podział plazmy znowu nie nastąpi, wytworzy się czterojądrowa spermatida. Jest to komórka nieraz znacznie odmiennego kształtu, niż te, które miałem sposobność dotąd opisywać. Na fig. 20. widać komórkę kształtu prawie komety, w którego główce leżą cztery jądra, podczas gdy ogon jego zaczyna się poza drugą parą jąder. Najczęściej te komórki mają zaokrągloną konturę, ale są znacznie wydłużone. Rozmiary ich są bardzo różne. Spotykałem spermatidy, których jądra znajdowały się w ostatnim okresie przemiany w główki plemnikowe, a mimoto były one mniejszych rozmiarów od dwujądrowej spermatidy (fig. 19). Kształt jąder (fig. 20) odpowiada zupełnie opisowi spermatid dwujądrowych i przechodzi w okresie przeistoczenia w plemniki te same zmiany, któreśmy tam widzieli. Od jąder spermatidów, co widoczne jest zwłaszcza na dwóch jądrach górnych (fig. 20), odchodzą długie i ostre stożki promieni achromatycznych. U wierzchołka każdego takiego stożka widać drobne czarne ciało, przechodzące potem czarną smugą w snop promieni. Drugi stożek tego samego jądra był znacznie krótszy od opisanego przed chwilą, przeciwnego ostrego i długiego stożka. Znaczenia ich i pochodzenia dokładniej na razie omawiać nie będę, chciałbym jedynie zaznaczyć, że o ile dotychczasowe badanie do jakiegoś sądu w tej kwestyi uprawnia, jeden z tych stożków uważałby wypadło za pozostałość promieni łączących centrosom z chromosomami, drugi byłby pozostałością ostatniego wrzecionka środkowego wraz z ciałkiem międzykomórkowym. Zmiany, następnie definitywne losy tych stożków promienistych, centrosomów, ciałka międzykomórkowego, wysledzić możemy jedynie na większej seryi preparatów, żeby się upewnić, że mamy przed sobą wszystkie okresy przejściowe i dla tego stanowczym rozstrzygnięciem tych kwestyi pragnąłbym się zająć w późniejszej oddzielnej pracy. Na tem jednak już miejscu chciałbym zaznaczyć, że stożki te zachowują się wśród całego okresu przeistaczania i skonstatować je można potem w wykształconym plemniku. Widzimy je n. p. na

fig. 21., przedstawiającej komórkę, w której powstają cztery główki plemników. Na fig. 21. widoczne są tylko trzy główki plemnikowe; czwarta razem z częścią ciała protoplazmatycznego znajduje się, jak to stwierdziłem, na następnym skrawku. Chromatyna w tych główkach jest ugrupowana w ciała czarne zbite, półksiężycowego kształtu, które nie różnią się prawie zupełnie od główek dojrziałych plemników. Od główek tych odchodzą wspomniane stożki promieni, widoczne zwłaszcza przy jednej główce, której położenie jest tego rodzaju, że oba stożki leżą na tej samej płaszczyźnie.

Jeżeli chwilę, w której protoplazma dzielić się przestała, posuniemy o jedną generacją wstecz, a gdy mimo tego, że protoplazma się nie dzieli, jądro swój podział normalnie raz po raz odbywa, wtedy dojdziemy do wytworzenia w jednej komórce ośmiu plemników, które miałem sposobność niejednokrotnie obserwować.

Opisu pojedynczych stadyów ani rysunków nie podaję, nie zauważyłem bowiem innej różnicy, prócz wspomnianej ilości jąder i zwykle większych rozmiarów komórki, a wobec tego opis musiałby się powtarzać. Niema też żadnej trudności w wytłomaczeniu powstania komórki, którą widzimy na 22. fig. Jest to rysunek komórki, w której znajduje się 16 plemników. Widzimy stąd, że:

| | |
|---|-----------|
| spermatida zawierała | 16 jąder, |
| spermatocyt II rzędu zawierał | 8 „ |
| „ I „ „ „ | 4 jądra, |
| spermatogonia ostatniej generacji zawierała | 2 „ |

A zatem już w okresie ilościowego rozmnażania spermatogonii (Wachstumsperiode) protoplazma musiała przestać się dzielić. Rozmiary tej komórki są już bardzo znaczne: fig. 22. jest obrazem rekonstruowanym czterech skrawków, na dwóch jeszcze znajdowały się części ciała komórkowego. Znana grubość skrawków upoważnia mnie do twierdzenia, że komórka ma około 30 μ . w średnicy. Od główek plemników odchodzą widoczne na fig. 22. włókna osiowe witek przyszłych plemników. Niektóre z nich przedstawione są tylko w urywkach, bo dokładna ich rekonstrukcja była trudną, dla tego chcąc uniknąć schematyzowania rysunków, włókna osiowe witek rysowane są według jednego skrawka, a rekonstrukcja ograniczona przeważnie do główek plemników. Podobnie i jądra dodatkowe (Nebenkerne) w protoplazmie nie są obrazem rekonstruowanym. Co do ich ilości, dokładnych liczb podać nie mogę, w każdym razie przypuszczenie, że ilość ich równa się co najmniej podwójnej ilości jąder, uważać można za rzecz prawdopodobną.

Co się tyczy powstawania witki właściwej plemnika, to już na podstawie moich dotychczasowych spostrzeżeń, stanowczo twierdzić mogę,

że witka tworzy się w tej samej komórce, w której poczyna się główka. Na fig. 19. i 22. widzimy tworzące się w jednej komórce główki i witki plemników; w szczególności wykształcone są już włókna osiowe (Axenfaden). Na innych preparatach widziałem niejednokrotnie w jednej komórce leżące główki plemników razem z kompletnie już wykształconymi wtkami. Tymczasem w ostatnim roku Bardeleben (2) twierdził, że: „*die Köpfe der Spermatozoen, nur diese — entstehen aus den Spermatiden und diese, wie bekannt aus den „runden“ dunkelkernigen Randzellen (Spermatogonien) durch Karyokinese, die Schwänze, insbesondere der Axenfaden aus den „Zellen mit blassem Kern“ oder mit Kernkanälen.... Die so getrennt entstandenen Bestandteile des Spermatozoon vereinigen sich“*....

To spostrzeżenie, które podał Bardeleben pisząc: „für alle Wirbeltiere und mutatis mutandis für einen grossen Teil der Wirbellosen“, muszę na podstawie moich preparatów uznać jako wprost nie możliwe u *Helix*.

W pracy Auerbacha¹⁾ mamy kilkakrotną wzmiankę o wielokrotnej spermatogenezie: „oprócz regularnych jednojądrowych spermioblastów, wynoszących 5·5 μ w przekroju, spotyka się także i to czasem w dość znacznej ilości spermioblasty o podwójnej, rzadziej potrójnej, aż do pięciokrotnej objętości z 2—5 jądrami, i to takimi, które w przekroju równe są jądrom małych regularnych spermioblastów. Później jeszcze wykażę, w jaki sposób te wielojądrowe komórki przyczyniają się do wytworzenia nasienia przez to, że z każdego z nich tyle powstanie plemników, ile w nim było jąder“. Co do powstawania wielu plemników w jednej komórce, wyniki moich badań rozszerzają spostrzeżenia Auerbacha, co do *Paludina vivipara*, także na *Helix pomatia*. Zauważyć jednak trzeba, że muszą one do pewnego stopnia być zmodyfikowane i są nieco dalej idące. Spermatozoidów o trzech i pięciu jądrami u *Helix* nie spotkałem nigdy. Pozornie może przemawia za tem fig. 21., gdzie mamy trzy główki plemników w jednej komórce, ale wspominałem już, że na następnym skrawku, znajduje się czwarta główka. Wogóle spotykałem zawsze taką liczbę jąder, że powstanie ich drogą karyokinetycznego procesu da się zawsze wykazać. Wobec tego nie mam potrzeby przyjmować u *Helix*, aby wiele plemników w jednej komórce mogło powstać drogą zlewania się tych komórek w jedną całość, zachowując mimoto samodzielność jąder. Tą teorią posługuje się Auerbach dla wytłomaczenia swoich 3—5 jądrowych komórek. Wreszcie

¹⁾ Auerbach (1), pag. 490.

ze spostrzeżeń moich wynika, że tych plemników może się wytworzyć znacznie więcej, niż Auerbach przypuszcza, bo gdy on wspomina o 5 plemnikach w jednej figurze, to na fig. 22. tej pracy jest ich 16, a na podstawie poprzednich okresów (porówn. rozdział V.) jest rzeczą prawie pewną, że i wyższa liczba teoretycznie nie jest niemożliwa.

Część ogólna.

Z poprzednich uwag wynika, że istnieje najzupełniejsza analogia między karyokinezą prostą pojedynczą, a wielokrotną. Wynika stąd, że wielokrotna mitoza musi przebiegać według tych samych praw, co pojedyncza karyokineza, a cała różnica polega na tem, że podziałowi jądra nie towarzyszy podział ciała komórkowego. Heidenhain (17) omawiając wielobiegunową mitozę (multipolare Mitose), powiada: „Diese komplicirten Wanderungen ursächlich zu erklären bin ich auch gänzlich ausser Stande“, nieco niżej dodaje: „Ganz das gleiche wie für die multipoligen Mitosen gilt für diejenigen Fälle, in denen mehrfache bipolare Mitosen innerhalb ein und desselben Protoplastmakörpers vorkommen. Welche ursächlichen Momente bestimmen hier die Stellung der Centren? Ich könnte mir allenfalls denken, dass aus einer Kombination mehrfacher Radiärsysteme, welche sämtlich dem Identitätsprinzipie unterliegen, die dort zu beobachtenden Erscheinungen erklärlich sind“. Na podstawie zupełnej analogii między przebiegiem karyokinezy wielokrotnej dwubiegunowej (mehrfache bipolare Mitose) i karyokinezy pojedynczej, można na pytanie Heidenhaina odpowiedzieć, że ustawieniem centrów, t. j. centrosomów, biegunów wrzecionka, a tem samem całej figury karyokinetycznej kierują pośród przebiegu wielokrotnej mitozy te same siły i prawa, co podczas pojedynczej mitozy. Jakkolwiek ciało komórkowe, w którym się odbywa wielokrotna, dwubiegunowa mitoza nie uległo podziałowi, mimo to w jego wnętrzu muszą być oddzielne, protoplazmatyczne terytoria, otaczające każdą z karyokinetycznych figur. Wśród opisu takich stadyów, w których rozwinięte są wyraźnie systemy plazmatycznych promieni biegunowych, wspomniałem, że promienie należące do każdej z figur mitotycznych nie stykają się nigdy ze sobą. Wiemy z opisów pojedynczej karyokinezy, że promienie biegunowe, dążąc ku obwodowi, kończą się w granicznej warstwie protoplazmy. Nadto w ostatniej pracy wykazał Kostanecki¹⁾, że w obrębie każdego

¹⁾ Kostanecki (25), pag. 693.

ciała protoplazmatycznego, w stadium poprzedzającym występujące zwykle przewężenie ciała komórkowego, „tworzy się w równiku warstwa protoplazmatyczna rozdziela jąca dwa systemy promieni komórek potomnych, na czym kończy się podział śródkomórkowy (podział wewnętrzny, *innere Zelltheilung*); jest natomiast rzeczą zupełnie obojętną czy ta zróżniczkowana warstwa protoplazmy przez następny podział przybierze cechy warstwy obwodowej i zostanie użytą do uzupełnienia powierzchni zewnętrznych komórek potomnych czy też nie“.

Taka sama warstwa neutralna protoplazmy, w której kończą się promienie figur mitotycznych istnieje również, jak to Kostanecki w tejże pracy wyraźnie zaznacza, między terytoriami komórki, w której wytwarza się większa ilość figur karyokinetycznych. Każde takie terytorium otacza oddzielną figurę karyokinetyczną, razem z systemem przynależnych promieni. Każda neutralna warstwa ma teraz dla każdej z mitotycznych figur, zupełnie to samo znaczenie, co obwodowa warstwa graniczna protoplazmy dla karyokinezy pojedynczej. Skoro więc w ten sposób są już raz określone granice każdego z terytorów, wtenczas do promieni wewnątrz każdego z nich, możemy zastosować i Heidenhainowskie prawo o równej długości promieni, oraz ich naprężeniu. Heidenhain (16) opiera mianowicie całą mechanikę karyokinezy pojedynczej na tej zasadzie, że wszystkie promienie w protoplazmie mają bezwzględnie równą długość¹⁾ i że są one w ciągłym stanie napięcia²⁾. Za ostateczny punkt zakończenia tych promieni przyjmuje Heidenhain obwodową graniczną warstwę protoplazmy (*protoplasmatische Grenzsicht der Zelle*). W karyokinezie wielokrotnej część tylko promieni w tej obwodowej granicznej warstwie będzie się kończyła, druga część w neutralnej warstwie, leżącej między terytoriami. Toteż uwzględniając, że każdy system promieni ma swoje zupełnie oddzielne granice, nie widzę potrzeby przyjmowania „kombinacji wielorakich systemów promieni“. (Heidenhain l. c.), aby opisane zjawiska na podstawie Heidenhainowskiej teorii wytłomaczyć.

Takie nie zupełnie oddzielone terytoria, których granica jednak jest już wyraźnie zarysowana, opisuje w pierwszych embryonalnych

¹⁾ Alle organischen Radien haben gleiche absolute Länge.

²⁾ „dass der protoplasmatische Zellenfaden gerade so, wie der lebende Muskel, jeder Zeit in einem Zustande elastischer Spannung befindlich ist“.

komórkach Heuneguy (20): „Les blastomères étant généralement pressés les uns contre les autres, les deux moitiés de la cellule en division ne peuvent s'écarter librement; le corps cellulaire conserve un contour irrégulièrement polyédrique. Il en résulte que le sillon de séparation des deux cellules-filles se réduit à une fente linéaire, pour ainsi dire virtuelle, située dans un plan perpendiculaire au grand axe de la cellule mère; les parois des cellules-filles restent accolées“. Podobieństwo do naszych komórek jest tu bardzo znaczne, tylko że graniczna warstwa oddzielająca terytorya, nie jest w komórkach przeze mnie opisywanych tak dokładnie wyróżniona, żeby odgraniczenie każdego z terytoryów było wyraźnie widoczne.

Oddzielne terytorya leżące we wnętrzu ciała protoplazmatycznego, mogą się zresztą czasem zupełnie wyosobnić i powstaje wtedy tyle oddzielnych komórek, ile było preformowanych jąder. Świadczy o tem fig. 12. mojej pracy, dalej fig. 6 d. pracy Auerbacha. Podobne zjawisko opisuje Gilsón (15): „le protoplasme se scindera en autant de cellules qu'il renferme de noyaux, c'est-à-dire qu'il subira le phénomène de la *division simultanée*“.

Widząc taką zupełną analogię między karyokinezą pojedynczą, a wielokrotną dwubiegunową, nasuwa się mimowoli pytanie, jaki jest powód, że ciało protoplazmatyczne się nie dzieli? Jakie są warunki sprządzające zastój w podziale protoplazmy, który powoduje, że dwa lub więcej jąder, dwie lub więcej mitotycznych figur mieści się w jednym ciele protoplazmatycznym? Wielokrotną karyokinezę dwubiegunową, spotykano dotychczas wśród najrozmaitszych warunków. Galeotti (14) obserwował ją wśród nowotworowych komórek raka (carcinoma). Fig. 18. tej pracy przypomina fig. 7. lub 8. podaną przeze mnie, ale geneza tych komórek jest zupełnie odmienna. Figura, którą Galeotti podaje, powstała według niego wprost z jednojądrowej komórki. Centrosom tej komórki podzielił się na dwa, a w ten sposób powstałe „beide Polarkörperchen spalten sich während der Prophase wieder in zwei“. Chromatyna jądra ma się rozdzielać między dwa wrzecionka, które wytworzyły się między każdą parą centrosomów. Natomiast w spermatogenetycznych komórkach podwójna gwiazda macierzysta wytworzyła się, jak widzieliśmy, z komórki dwujądrowej, w której były już dwa centrosomy z poprzedniej mitozy. Każde z jąder dwujądrowej komórki dało początek oddzielnej gwieździe. Każdy z centrosomów uległ znów podziałowi, w tym więc razie między jednym a drugim podziałem centrosomów upływa cały przeciąg czasu, w którym odbywa się mitoza. Zresztą co do ułożenia macierzystych gwiazd w komórce, niema różnicy. Galeotti mówi: „wenn sie sich rechtwinklig

kreuzen, kann man neben einem Monaster von sternförmigem Aussehen eine Aequatorialplatte wahrnehmen“. Obraz takiej komórki daje nasza fig. 9. Wreszcie i tu spotykamy figury odpowiadające poczwórnej mitozie. I tak fig. 14., którą Galeotti (14) podał, odpowiada zupełnie zamieszczonej przeze mnie fig. 15., choć w rzeczywistości liczba centrosomów i sposób powstania stanowią istotną różnicę. Krompecher (26—28) robił studia nad wielokrotną karyokinezą komórek nowotworowych (osteosarcoma, sarcoma i carcinoma) i na tym materiale stwierdził obecność równoczesnego podziału wielu jąder tej samej komórki. Tenże sam autor powiada, że wielokrotna mitozą pojawia się tam, gdzie odżywienie tkanek jest wzmożone¹⁾. Obrazy wielobiegunowej karyokinezy, opisywanej wśród komórek olbrzymich, są też czasem pozornie podobne do obrazów mitozy dwubiegunowej wielokrotnej, chociaż w rzeczywistości istnieją między temi dwoma formami zasadnicze różnice. Figury pierwszego rodzaju karyokinezy powstają w ten sposób, że chromatyna całej figury pochodzi z jednego jądra; w wielokrotnej dwubiegunowej tyle jest figur, ile było jąder. Ilość figur karyokinetycznych w dwubiegunowej karyokinezie równa się połowie ilości centrosomów. W karyokinezie wielobiegunowej w jednej figurze może być najrozmaitsza ilość centrosomów. Wypływa też stąd, że w dwubiegunowej karyokinezie nie spotyka się nieparzystej ilości centrosomów, w wielobiegunowej nie należy to do rzadkości. Mechanizm dwubiegunowej mitozy tłumaczy się, jak widzieliśmy, z łatwością na podstawie teorii Heidenhaina, równości i naprężenia promieni protoplazmatycznych, tymczasem wytłumaczenie tą teorią mechanizmu wielobiegunowej mitozy, byłoby trudną rzeczą, jak na to sam Heidenhain (l. c.) zwracał uwagę.

Przebieg wielokrotnej karyokinezy wywołanej sztucznymi środkami, był bardziej jeszcze podobny do przebiegu tej mitozy, którą obserwowałem w komórkach wśród spermatogenezy u *Helix*. Taką wielokrotną mitozę sztucznie wytworzył Driesch (8). Umieszczał on zapłodnione jajka jeżowców (*Echinus microtuberculatus* i *Sphaerechinus granularis*), w temperaturze 26·6—30°, 31°, a zatem w temperaturze wyższej niż ta, w której zwykle odbywa się brózdtkowanie. Zauważył w tych warunkach, że podział jądra jest normalny, ale protoplazma się nie dzieli. Podobny rezultat otrzymał Driesch (8), a potem Ziegler (45), wywierając na jajka jeżowców w okresie brózdtkowania pewne ciśnienie. Występowało wtedy również opóźnienie podziału protoplazmy tak, że powstawały wielojądrowe komórki. Ich jądra przechodziły w mitotyczny

¹⁾ Meiner Ansicht nach, kommt sie überall da vor, wo die Ernährung der Gewebe gesteigert ist.

podział, a obraz wielokrotnej karyokinezy stąd powstałej, różnił się czasem od figur przy spermatogenezie u *Helix* tem, że jak pisze Ziegler (45): „Wenn bei einer Kernteilung die Zellteilung ausgeblieben ist, und die beiden Kerne treten wieder in Mitose ein, so bemerkt man häufig, dass die beiden neuen Spindelfiguren unter einander an den Polen verbunden erscheinen, so dass eine viereckige Figur ähnlich einer vierpoligen Mitose vorliegt“. Jedyny wyjątek złączenia biegunów miałem na fig. 15., gdzie najprawdopodobniej na dwóch biegunach nastąpiło połączenie po dwa centrosomy w jeden. Driesch uwalniając jajka takie z pod wzmożonego ciśnienia, widział, że rozpadają się one na tyle oddzielnych komórek, ile było jąder w obrębie ciała protoplazmatycznego. Odpowiadałoby to fig. 12., gdzie widzimy komórkę z czterema jądrami rozpadającą się na cztery oddzielne potomne komórki.

Loeb (30), kładł jajka zapłodnione jeżowców (*Arbacia*) do wody morskiej, do której dodawał większą lub mniejszą ilość NaCl i przez to wywoływał plazmolizę w jajkach. Im rozczyzn był bardziej skoncentrowany, czyli im energiczniej odbywała się plazmoliza, tem większe stwierdzał opóźnienie podziału protoplazmy, aż wreszcie przestała się ona dzielić zupełnie. Mimo to podział jądra odbywał się dalej, chociaż z mniejszą energią i dopiero po znaczniejszem podniesieniu koncentracji wody morskiej nawet jądra przestawały się dzielić. Na podstawie przytoczonych eksperymentów wywnioskował Loeb (31), że zawartość wody w protoplazmie i jądrze jest koniecznym warunkiem normalnego podziału obu tych części komórki, wskutek odciągnięcia wody poza pewną granicę podział ustaje. Jednakże ta maksymalna granica utraty wody jest niższa w protoplazmie niż w jądrze. Jeżeli zatem koncentracja plazmolizującego roztworu będzie tak dobrana, że ilość odciągniętej wody będzie leżeć między temi granicami, wtedy protoplazma dzielić się przestanie, a jądro dzieli się dalej. Tą więc odmienną wrażliwością jądra i protoplazmy, tłumaczy Loeb genezę tego wielokrotnego, po większej części mitotycznego podziału jądra.

Doświadczenia Loeba powtarzał Morgan (33) i doszedł do rezultatu, że w wodzie zawierającej większą niż normalnie ilość NaCl przestaje się dzielić nietylko ciało komórkowe, ale i jądra zapłodnionych jajek jeżowców¹⁾. Ale jeżeli takie jajko z tych nienormalnych warunków przeniesie się do wody normalnej; wtedy rozpada się jądro drogą fragmentacji, na szereg jąder, koło których grupuje się potem protoplazma.

¹⁾ „Eggs put into the salt solution come to rest both for the protoplasm and the nucleus“.

Jednakże w ostatnim roku wykonane przez Norman a (34), doświadczenia co do tej kwestyi, potwierdzają raczej spostrzeżenia Loeba niż Morgana. Norman (34), posługiwał się w jednej części doświadczeń zapłodnionymi jajkami jeżowców (Arbacia), inną seryę doświadczeń wykonywał z zapłodnionymi jajkami ryb (Ctenolabrus i Fundulus). Wyniki zgodne w obu rodzajach doświadczeń wykazały, że jeżeli autor pozostawiał w wodzie zawierającej mniej lub więcej zwiększoną ilość $MgCl_2$, wtedy choć podział protoplazmy się nie odbywał, mimoto jądro się dzieliło, i to nie przez fragmentację, ale drogą mitozy¹⁾. Wytwarzają się wtedy najpierw komórki dwujądrowe, a gdy potem jądra wchodzą w okres mitozy, powstaje wielokrotna karyokineza, której obraz podał Norman na fig. 1. Jest to znowu obraz przypominający fig. 10. niniejszej pracy, tylko w nieco wcześniejszem stadyum. Jeżeli komórki pozostawały nadal w tych samych warunkach, natenczas nie raz dwubiegunowa karyokineza wielokrotna ustępowała miejsca mitozie wielobiegunowej²⁾. Dwubiegunową, wielokrotną mitozę udało się też Normanowi wytworzyć sztucznie w sposób, którym się posługiwał, jak już wspominałem, Driesch (8). Zapłodnione jajka ryb (Ctenolabrus i Fundulus) umieszczał Norman w wodzie o podwyższonej temperaturze. Jeżeli temperatura nie była zbyt wysoka, to ciało komórkowe się nie dzieliło, mimo podziału jądra. Tak w pierwszej, jak w drugiej seryi doświadczeń, przenosił Norman badany materiał do normalnych warunków, a zatem w pierwszym razie do wody o normalnej zawartości soli mineralnych, w drugim przypadku do wody o temperaturze, w której zwykle odbywa się bródkowanie. Zauważył przytem, że ciało protoplazmatyczne, rozpadało się na tyle komórek, ile w niem było preformowanych jąder. Jest to znowu analogia do obserwowanego przeze mnie wyosobniania się terytoryów komórkowych, o którym wyżej wspominałem i co dokładnie uwidocznia fig. 12.

Wreszcie Driesch (9) wytworzył sztucznie wielokrotną karyokinezę, metodą wprost przeciwną, jak Loeb i Norman. Zapłodnione jajka jeżowców (*Echinus microtuberculatus*) przenosił z normalnej wody morskiej do rozcieńczonej wodą rzeczną. Jeżeli rozcieńczenie odpowiadało stosunkowi 35: 15., wtedy podział protoplazmy zostaje zatrzymany, mimo, że karyokineza jąder dalej się odbywa tak, że wytwarzają się w ten sposób znowu wielojądrowe komórki. Wogóle między mitozą

¹⁾ In all cases where the nucleus was in process of division, the division was mitotic.

²⁾instead of the regular typical amphiaster that we had observed in the first two lots we find multiple mitosis — triasters, tetrasters etc.

wielokrotną wśród spermatogenezy obserwowaną, a między karyokinezą wielokrotną sztucznie wywołaną zachodzi podobieństwo w bardzo wielu szczegółach, a przede wszystkim tak w jednym, jak w drugim przypadku protoplazma nie ulega podziałowi. A z doświadczeń tych wynika, że zwiększone ciśnienie, wyższa temperatura, wreszcie plazmoliza, lub odwrotnie, sztuczne wprowadzenie nadmiernej ilości wody do protoplazmy, mogą być w pewnych razach przyczyną wywołującą zastój w podziale ciała, nie znosząc podziału jądra komórkowego. Skoro który z tych warunków przestanie działać, wtedy podział natychmiast może się odbyć na tyle części, ile wytworzyło się jąder. W zjawiskach samych, sztucznie wywołanych, jest zupełna analogia z moimi spostrzeżeniami co do komórek spermatogenetycznych u *Helix pomatia*. Ale warunki, które wśród tych komórek wywołały zastój protoplazmy, muszą być zupełnie odmiennej natury. Auerbach twierdzi, że powodem tego ciekawego zjawiska, jest niska temperatura¹⁾. Tego rodzaju tłumaczenie uważam za zupełnie nieprawdopodobne, raz dla tego, że ślimaki, u których wielokrotna mitozą była najobfitsza w naseniotwórczych komórkach, zbierałem w najgorętszych miesiącach roku, (czerwiec i lipiec), powtórę twierdzenie Auerbacha stoi w jaskrawej sprzeczności z wynikami doświadczeń Driescha i Normana, którzy podobne zjawiska wywołali przez podwyższenie temperatury.

Jakiegokolwiek jednak są przyczyny zapobiegające podziałowi ciała komórkowego, to pewna, że za anomalie uważać zjawisk tych nie można.

Meves obserwował podobną karyokinezę w jądrach salamandry i twierdzi, że są to anomalie²⁾. Ale u *Helix* komórka dochodzi do zupełnego rozwoju, pomimo, że podział protoplazmy nie nastąpił, a najlepszym tego dowodem jest, że może ona wstąpić na nowo w okres mitozy, a nawet, jak widzieliśmy, może wytworzyć zupełnie normalnie zbudowane plemniki. Cały przebieg karyokinezy wielokrotnej zgadza się we wszystkich szczegółach z mitozą pojedynczą nie tylko u *Helix pomatia*, ale i z jej opisami u innych zwierząt, jak o tem niejednokrotnie wspominałem. Wobec tych faktów — opisanej tu wielokrotnej karyokinezy nie uważam za anomalie, ale tylko za szczególną formę podziału, która istnieje obok zwykle opisywanej pojedynczej mitozy i jest z nią zupełnie równorzędna.

¹⁾Unter Umständen namentlich bei niederer Temperatur i t. d. (l. c.).

²⁾ „Als Anomalien geben sich diese Mitosen“ i t. d. (l. c.).

Objaśnienie rysunków tablic VIII A. i VIII B.

Kontury wszystkich komórek zdejmował pan J. Barącz zapomocą aparatu do rysowania systemu Abbégo używając soczewki immers. olej. $\frac{1}{14}$ Winkler; okul. kompens. nr. 5, tylko fig. 16. rysował z pod mikroskopu Hartnacka, używając apochromatycznej soczewki immersyjnej olej. o 200 mm. odległości ogniskowej i okul. kompens. nr. 9.

Fig. 1—3. Komórka nasieniotwórcza, zawierająca we wnętrzu ciało międzykomórkowe. Utrw. płyn Perenniego, barw. haematox. ałun, eozyna; fig. 2 nadto barw. met. Heidenhain'a.

Fig. 4. Komórka spoczynkowa dwujądrowa. Płyn Hermanna, barw. met. Heidenh.

Fig. 5. Komórka dwujądrowa w stadyum kłębka. Płyn Hermanna, barw. met. Heidenh.

Fig. 6. Dalszy ciąg stadyum kłębka. Płyn Perenniego, barw. haemat. ałun, eozyna.

Fig. 7, 8, 9. Komórka dwujądrowa w stadyum gwiazdy macierzystej. Utrw. płyn Perenniego, barw. haemat. ałun na fig. 8., oprócz tego met. Heidenh.

Fig. 10. Podwójna gwiazda potomna. Utrw. płyn Perenniego, barw. haemat. ałun, eozyna.

Fig. 11. Czterojądrowa anasieniotwórcza komórka. Utrw. płyn Perenniego, barw. haemat. ałun, eozyna.

Fig. 12. Czterojądrowa komórka rozpadająca się równocześnie na cztery części. Płyn Perenniego, barw. haemat. ałun.

Fig. 13. Czterojądrowa komórka w stadyum kłębka. Płyn Hermanna, barw. met. Heidenh.

Fig. 14. Stadyum czterech gwiazd, płyn Perenniego, haemat. ałun, eozyna.

Fig. 15. Stadyum czterech gwiazd macierzystych, płyn Hermanna, barw. met. Heidenh.

Fig. 16. Stadyum czterech gwiazd potomnych. Płyn Perenniego, eozyna, haemat. ałun.

Fig. 17. Komórka ośmiejądrowa w stanie spoczynku. Płyn Perenniego, haemat. ałun, eozyna.

Fig. 18. Komórka ośmiejądrowa w stadyum kłębka. Obraz rekonstruowany z 4 skrawków. Płyn Hermanna, barw. met. Heidenh.

Fig. 19. Dwujądrowa spermatida w okresie przeistoczenia w plemniki. Płyn Perenniego, haemat. ałun, eozyna.

Fig. 20. Czterojądrowa spermatida. Płyn Perenn., haemat. ałun.

Fig. 21. Czterojądrowa spermatida w końcowym okresie przeistoczenia w plemniki. Czwarta główka plemnika na następnym skrawku. Płyn Perenniego, haemat. ałun, eozyna.

Fig. 22. Obraz rekonstr. z 4 skrawków. We wnętrzu komórki 16 plemników w końcowem stadyum powstawania. Płyn Perenniego, haemat. ałun, eozyna.

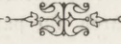
Literatura ¹⁾.

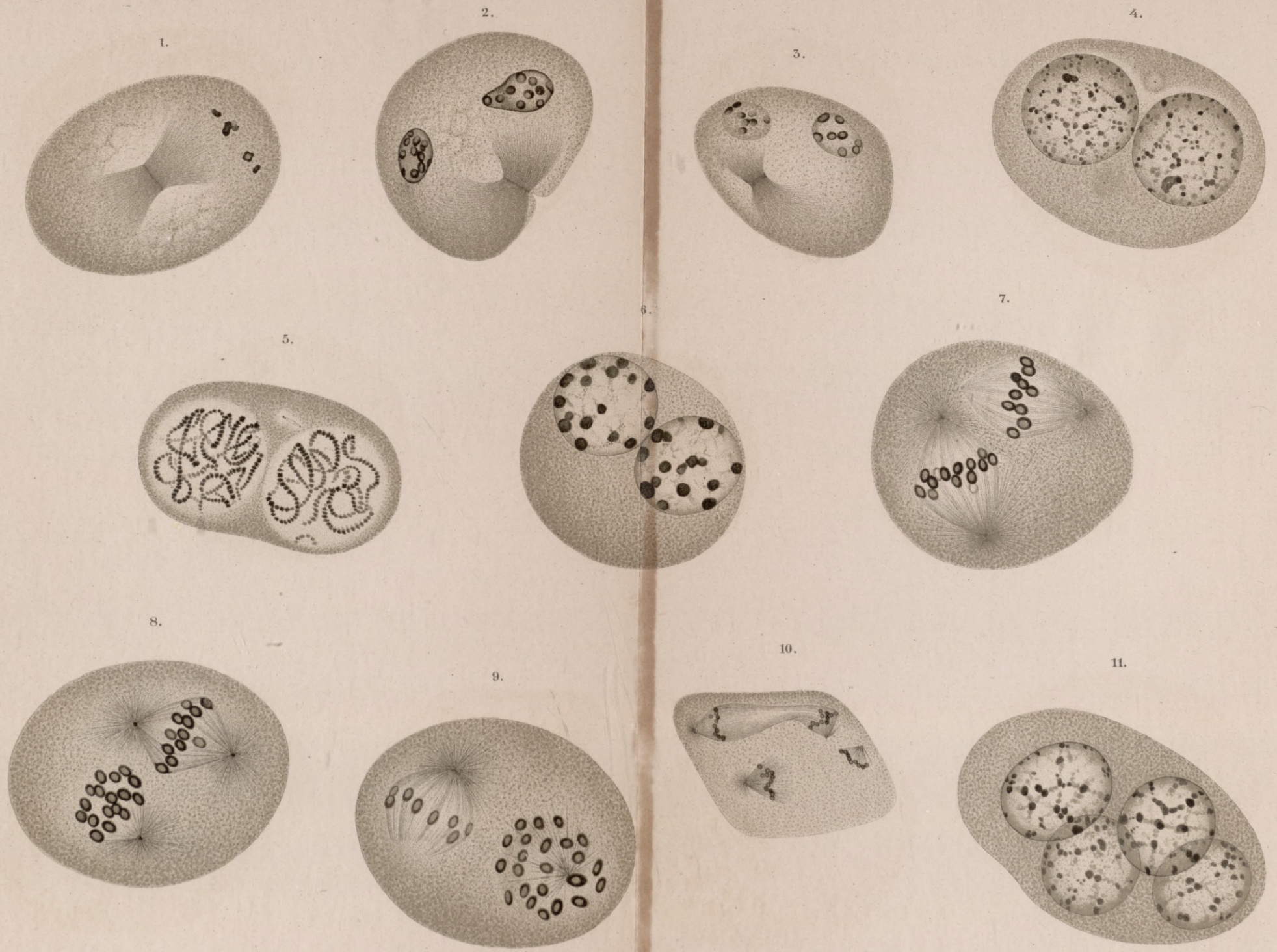
1. Auerbach L. Untersuchungen über die Spermatogenese von *Paludina vivipara*. Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaft. B. XXX. 1896.
2. Bardleben K. Die Entstehung der Samenkörper. Anat. Anzeiger. B. XI. 1896.
3. *Bloomfield J. E. On the Development of the spermatozoa II. *Helix pom.* and *Rana*. Quar. Jour. of. Micr. Sc. XXI. 1881.
4. Bolles-Lee A. La régression du fuseau caryocinétique, la corps problématique de Platner et le ligament intercellulaire de Zimmermann dans les spermatocytes des *Helix*. La Cellule XI. 1895.
5. Bolles-Lee A. Sur le Nebenkern et sur la formation du fuseau dans les spermatocytes des *Helix*. La Cellule XI. 1896.
6. Boveri T. Befruchtung. Ergebnisse der Anat. und Entwicklungsgesch. Bd. I. 1891.
7. Calkins N. Gary. The spermatogenesis of *Lumbricus*. Journ. of Morphology. Vol. XI. 1895.
8. Driesch H. Entwickelungsmechanische Studien (IV. Experimentelle Veränderungen des Typus der Furchung und ihre Folgen). Zeitschrift für wissenschaft. Zoologie. B. LV, 1892.
9. Driesch H. Entwickelungsmechanische Studien. Mitteilungen aus der zool. Station zu Neapol. 11. Band., 1895.
10. von Erlanger R. Zur Kenntniss des feineren Baues des Regenwurmhodens und der Hodenzellen. Arch. f. mikr. Anat. B. XLVII. 1896.
11. von Erlanger R. Spermatogenetische Fragen. Zool. Centralblatt III. Jahr. Nr. 3. 1896.
12. Flemming W. Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihrer Lebenserscheinungen. Arch. f. mikr. Anat. B. XVIII. 1880.
13. Galeotti G. Ueber experimentelle Erzeugung von Unregelmässigkeiten des karyokinetischen Processes. Beiträge zur path. Anat. und zur allg. Pathol. Bd. XIV. 93.
14. Galeotti G. Beitrag zum Studium des Chromatins in den Epithelzellen der Carcinome. Ibidem.
15. Gilson G. Étude comparée de la spermatogénèse chez les arthropodes. La Cellule T. IV. fasc. 1.
16. Heidenhain M. Neue Untersuchungen über die Centralkörper und ihre Beziehungen zum Kern und Zellprotoplasma. Arch. f. Mikr. Anat. B. 43. 1894.
17. Heidenhain M. Cytomechanische Studien. Arch. für Entwickelungsmech. B. I. 1894.
18. Heidenhain M. Über die Mikrocentren mehrkerniger Riesenzellen, sowie über die Centralkörperfrage im Allgemeinen. Morphol. Arbeiten. B. VII. 1897.

¹⁾ Prace gwiazdką przy tytule oznaczone, znane jedynie z referatu.

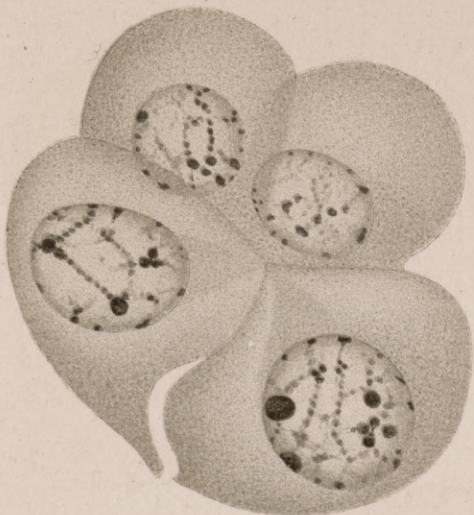
19. Henking H. Untersuchungen über die ersten Entwicklungsvorgänge in den Eiern der Insekten II. Über die Spermatogenese und ihre Beziehung zur Eientwicklung bei *Pyrracoris apterus*. L. Zeitschr. für Wiss. Zoologie B. LI. 1891.
20. Henneguy F. Leçons sur la Cellule. Paris 1896.
21. Hermann F. Beiträge zur Lehre der Entstehung der Karyokinetischen Spindel. Arch. f. mikr. Anat. XXXVII. 1891.
22. *Ishikawa C. Studies of reproductive elements. Spermatogenesis, ovogenesis and fertilisation in *Diaptomus* Sp. Journ. of College of science, Imp. Univ. Japan Tokyo Vol. V. 1891.
23. Kostanecki K. Über Centralspindel bei karyokinetischer Zelltheilung. Anat. Hefte 1892.
24. Kostanecki K. Über Kerntheilung bei Riesenzellen. Anat. Hefte. Bd. I. 1892.
25. Kostanecki K. Über die Bedeutung der Polstrahlung während der Mitose und ihr Verhältniss zur Theilung des Zelleibes. Arch. für mikr. Anat. 1897.
26. Krompecher E. Ueber die Mitose mehrkerniger Zellen und die Beziehung zwischen Mitose und Amitose. Arch. für pathol. Anat. und Physiol. B. 142. 1895.
27. Krompecher E. Die Mehrtheilung des Zellkernes und ihre Mechanik. Mathem. und naturwiss. Berichte aus Ungarn. B. XII. 1895.
28. Krompecher E. Die mehrfache indirecte Kernteilung. Verhandl. der anat. Gesell. 1895.
29. v. La Valette St. George. Spermatologische Beiträge. Arch. für mikr. Anat. B. XXVII. 1886.
30. *Loeb J. Investigations in physiological Morphology. III. Experiments on clavage. Journ. Morph. VII.
31. Loeb J. Ueber Kernteilung ohne Zelltheilung. Arch. für Entwicklungsmech. der Organ. B. II. 1895.
32. Meves F. Ueber die Entwicklung der männlichen Geschlechtszellen von *Salamandra maculosa*. Habilitationsschrift. Arch. f. mikr. Anat. B. 48. 1896.
33. Morgan T. Experimental Studies on Echinoderm Eggs. Anat. Anzeig. IX. 1894.
34. Norman W. Segmentation of the Nucleus without Segmentation of the Protoplasm. Arch. f. Entwicklungsmech. der Org. B. III. 1896.
35. Platner G. Über die Spermatogenese bei den Pulmonaten. Arch. f. mikr. Anat. B. XXV. 1886.
36. Platner G. Über die Entstehung des Nebenkerns und seine Beziehung zur Kernteilung. Arch. f. mikr. Anat. B. XXVI. 1886.
37. Platner G. Zur Bildung der Geschlechtsproducte bei den Pulmonaten. Ibidem.
38. Platner G. Beiträge zur Kenntniss der Zelle und ihre Theilungserscheinungen. Arch. f. mikr. Anat. B. XXXIII. 1889.
39. Prenant A. Observations cytologiques sur les éléments sémineaux des Gastéropodes pulmonés. La Cellule. T. IV. 1887.
40. Prenant A. Sur le corpuscule central. Bulletin de la Société des Sciences de Nancy. Serie II. 1895.
41. vom Rath O. Zur Kenntnis der Spermatogenese von *Grylotalpa vulgaris*. Arch. f. mikr. Anat. B. XL. 1893.

42. vom Rath O. Neue Beiträge zur Frage der Chromatinreduction in den Samen und Eireife. Arch. für mikr. Anat. B. XL, VI. 1895.
43. Rückert J. Die Chromatinreduction bei der Reifung der Sexualzellen. Anat. Hefte. Ergebnisse der Anat. und Entwick. B. III. 1893.
44. Siedlecki M. O budowie leukocytów, oraz o podziale ich jąder u jaszczurów. Rozprawy Wyzd. matem.-przycz. Akademii Umiejętności w Krakowie, 1895.
45. Ziegler H. E. Über Furchung unter Pressung. Verhandlung. der Anat. Gesell. 1894.
46. Zimmermann K. W. Ueber den Kernteilungsmodus bei der Spermatogenese von *Helix pomatia*. Verhandl. der Anat. Gesell. 1891.

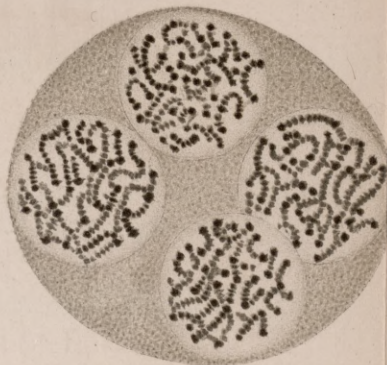




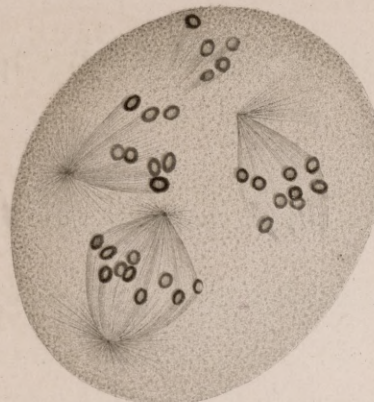
12.



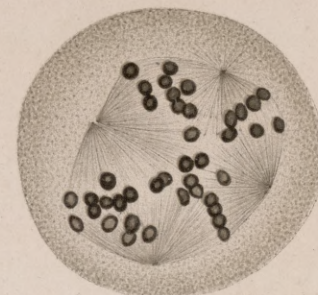
13.



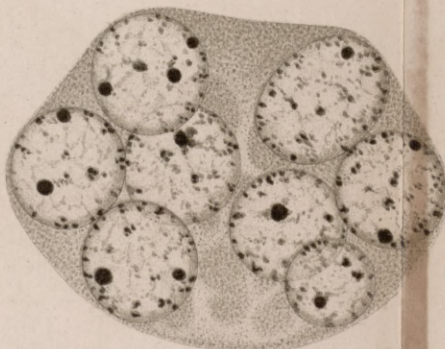
14.



15.



17.



18.



16.



22.



20.



21.



19.



