

# O dojrzewaniu i zapłodnieniu jaja u ślimaka

## *Aplysia depilans.*

Przez

A. Bochenka.

Z 3ma tablicami.

ROZPRAWA Z ZAKŁADU ANATOMII OPISOWEJ UNIW. JAGIELLOŃSKIEGO.

Wniesiono na posiedzeniu Wydz. mat.-przr. d. 1. maja 1899; ref. czł. Kostanecki.

Materyał do moich badañ zawdzięczam prof. Henrykowi Hoyerowi jun., który zebrał go podczas swego pobytu w Neapolu, w kwietniu i maju r. 1898. Prof. Hoyerowi więc za łaskawe odstąpienie mi materyału i Prof. K. Kostaneckiemu za łaskawą pomoc w pracy wyrażam przedewszystkiem wdzięczność.

Kwestya tak ważna dla nauk biologicznych, jak sprawa zapłodnienia pod wieloma względami nasuwa jeszcze silne wątpliwości. Więc pomimo tego, że zapłodnienie ślimaków było już wielokrotnie badane, jak tego dowodzą prace Fola, Hertwiga, Platnera, Boveriego, Marka, Conklina, Garnaulta, Mac Farlanda, a zwłaszcza ostatnia w tym zakresie praca Kostaneckiego i Wierzejskiego, pragnąłem opracować następujący mi się materyał, zwłaszcza że właśnie na jajach ślimaków widzimy wybitne obrazy stosunków centrosomów i promieniowań. Te zaś najdelikatniejsze szczegóły komórki ze względu na trudności techniczne, jakie się napotyka w utrzymaniu ich w stanie nienaruszonym, niezawsze jednakowo bywają opisywane.



## I. Materiał i metoda badania.

*Aplysia depilans* należąca do ślimaków morskich grupy *Prosobranchia* jest w zatoce neapolitańskiej pospolita. Składa ona jaja w długich galaretowatych sznurkach. Sznurek ten w środku wydrążony, podzielony jest przegrodami na mniejsze przestrzenie, w których dopiero po kilka lub kilkanaście jaj razem się mieści. Zapłodnienie jaj następuje jeszcze przed złożeniem ich, to jest wewnątrz jajowodu. Sznureczek z jajami, zwijając się podczas składania ich, stanowi później gęsto zbite kłębki. Kłębki te zbierał prof. Hoyer w różnych odstępach czasu od chwili zniesienia i w celu ustalenia wkładał do płynu Pernenyiego, który, jak w wielu przypadkach, tak i tym razem okazał się najlepiej ustalającą mieszaniną. Z płynu Perennyiego przenoszono materiał po 24 godzinach do alkoholu 70%, a z tego do alkoholi co raz silniejszych (90%, 96%) aż do absolutnego. Po kilkakrotnem zmienianiu alkoholu absolutnego przeprowadzano cały materiał przez mieszaninę alkoholu absolutnego z chloroformem, do chloroformu czystego, który znowu kilkakrotnie zmieniano. Po 24 godzinach zaczęto do chloroformu dorzucać kawałeczki parafiny, a następnie przeniesiono kłębki z jajkami do chloroformu nasyconego parafiną. Stąd zatopiono je ostrożnie w parafinie krzepnącej w 56°, przeprowadziwszy je jeszcze poprzednio przez parafiny krzepnące w 48° i 52°. Otrzymane bloczki krajałem na skrawki mające 7.5 $\mu$  grubości i nalepiałem je zapomocą wody destylowanej, o ile możności seryami, na szkiełka podstawowe. Po wysuszeniu ich w termostacie barwiłem skrawki na szkiełkach metodą Heidenhaina. Najkorzystniejsze preparaty otrzymywałem, jeżeli leżały 12—18 godzin w żelazie a 18—24 w hematoksylinie. Prócz preparatów całkiem niepodbarwianych używałem również preparatów barwionych poprzednio przez bordeau R lub następnie eozyną. Rysunki wszelkie wykonał mi pan Jan Barącz, używając immersyi Seiberta 2 m. m. z wyciągnięciem tubusa do 19, okul. IV, zaznaczając kontury kamerą Zeiss'a. Niektóre rysunki (fig. 6, 7, 8 i 13) musiałem ekonstruować z dwóch skrawków.

## II. Wydzielenie ciałek kierunkowych.

Najwcześniejsze stadya, jakie udało mi się dostrzedz, przedstawia fig. 1. Widzimy na niej jajko otoczone cienką błonką komórkową, wypełnione całą masą kul deutoplazmatycznych. Jądro jajka zachowało-



jeszcze kształt zupełnie zamkniętego pęcherzyka, w którym chromatyna podzieliła się wybitnie na szereg grudek, zawieszonych wśród nie barwiącego się soku jądrowego. Grudki te odpowiadają przyszłym chromosomom, policzyć ich jednak nie byłem w stanie, gdyż niektóre z nich łączyły się między sobą, tworząc znaczniejsze nagromadzenia chromatyny. Te stadya jądra opisuje Garnault, który miał jednak sposobność obserwować i stadya poprzednie.

Obok jądra znajdujemy figurę achromatyczną, złożoną z wrzecionka, łączącego dwa centrosomy, i z dwóch od centrosomów rozchodzących się promieniowań biegunowych. Centrosomy, wyglądające jako dwa jednolite, silnie czarno zabarwione punkty, służą za punkt przyłączenia wyraźnie do nich zdążających, tak promieniowań biegunowych jak i włókienek wrzecionka środkowego. Ołrazy jądra *Aplysii* przypominają figury, jakie otrzymał Kostanecki w analogicznych stadyach u *Myzostoma*, różnią się jednak od obrazu v. der Strichta u *Thyazanozoon*. Na jego figurach: 16. 17. i 18. widzimy bowiem, że nie tylko część osłonki jądra zanikła, ale, co ważniejsze, że przez utworzone w niej otwory wnika w głąb jądra cały pęk promieni, nadając niebarwiącej się u *Aplysii* i wybitnie jednolitej istocie jądra wygląd zupełnie promienisty. W stadyach tych u *Aplysii* nigdy dostrzedz nie mogłem podobnie promienistej budowy jądra, a wśród istoty podstawowej jądra odbijały tylko ciemno zabarwione grudki chromatyny. Dopiero skoro błona jądra zaniknie, łączą się promienie figury achromatycznej z linią jądra i wtedy dopiero łączą się promienie z chromosomami, których ruchy odtąd zupełnie od działania promieni zależą.

Położenie centrosomów, a z nimi całego wrzecionka, może ulegać znacznym zmianom; czasem leżą one w środkowej części jaja, w innych zaś przypadkach jeden z centrosomów dostaje się odrazu na obwód jaja. Zależnie od ułożenia centrosomów zmieniać się będzie nie tylko ułożenie, ale i kształt figury achromatycznej. W przypadku, w którym centrosomy leżą w środku jaja, oba promieniowania będą równe, a każde z nich rozchodząc się w kształcie słońca obejmować będzie promieniami swymi powierzchnię całej kuli. W przypadku, gdzie jeden z centrosomów ułoży się odrazu na obwodzie, promieniowanie biegunowe centrosomu obwodowego będzie obejmowało powierzchnię tylko części kuli. Włókienka wrzecionka środkowego mają w stadyach tych przebieg łukowaty, przyczem największem wypukleniem, leżącym w równiku wrzecionka przylegają ściśle do jądra jaja. Wogóle cała figura achromatyczna jest w stadyach tych jeszcze bardzo delikatna, a stosunek jej do deutoplazmy jaja nie zaznacza się tak wybitnie, jak później, skoro wszystkie jej części rozwiną się najsilniej.



Pierwszym objawem postępującego rozwoju jest przede wszystkim zniknięcie osłonki jądra, która rozplywa się niejako w sąsiedniej protoplazmie. Zanik ten występuje równocześnie na całej powierzchni jądra. Niebarwiący się dotychczas sok jądrowy miesza się z otaczającą go plazmą tak, że ta otacza teraz swobodnie leżące chromosomy. Ponieważ jądro, przed zanikiem błony jądrowej, leżało mniej więcej w połowie długości wrzecionka, chromosomy dostają się w płaszczyznę równikową wrzecionka, wykonywując ruch bardzo tylko nieznaczny. Ułożone z początku nieregularnie układają się ostatecznie w równiku wrzecionka, tworząc w ten sposób figurę gwiazdy macierzystej pierwszego ciała kierunkowego. Gwiazda ta zależy od pierwszego ułożenia centrosomów leży albo w środku albo też już na jego obwodzie.

W tej chwili wnika najczęściej plemnik w głąb jaja i staje się bodźcem wywołującym wydzielanie ciałek kierunkowych. W przypadku, w którym gwiazda macierzysta leżała na obwodzie jaja, proces ten może się natychmiast rozpocząć, przeciwnie w razie środkowego jej ułożenia musi przede wszystkim cała figura przesunąć się do obwodu. Przesunięcie to następuje wzdłuż jednego promienia jaja, przyczem, jak to dla innych organizmów zaznaczyli Kostanecki, Mead, Klinekowström, v. der Stricht i inni część obwodowego promieniowania biegunowego musi zaniknąć. Skoro posuwający się ku powierzchni centrosom ułoży się ostatecznie na obwodzie jaja, figura otrzymana nie różni się niczem od figury otrzymanej w przypadku, gdzie centrosom ułożył się z góry na obwodzie jaja. Ułożone obecnie również na obwodzie jaja wrzecionko odróżnia się jako jasne pole od reszty komórki jaja. Całe jajo wypełnione jest bowiem masą deutoplazmy złożonej z mniejszych i większych kul, a samo wrzecionko jak również promieniowanie biegunowe nie zawierają kul deutoplazmatycznych. Część chromatynowa figury składa się z 16 chromosomów, mających kształt krótkich a grubych bryłek. (U pokrewnych *Aplysii Pterotrachea*, *Phylliroe* i *Corinaria* znajduje Boveri również 16 chromosomów).

Kształt chromosomów zmienia się powoli tak, że początkowo z grudkowatych stają się następnie co raz bardziej wydłużone; są one wtedy podobne do krzyżyków zupełnych lub pozbawionych jednego z poprzecznych ramion; grup czworaczych jednak zauważyć nie mogłem. Są to formy podobne do form opisanych przez Klinekowströma u *Prosthecereus*, chromosomów jednak kolistych nie mogłem nigdzie napotkać, wiadomo zaś, że na tę formę zwraca szczególną uwagę v. der Stricht, opierając na niej cały proces redukcji. Z badań Klinekowströma wynika, że redukcja chromatyny, jeżeli chromosomy są krzyży-



kowate nastąpić może bez wystąpienia wybitnych grup czworaczych, przez podział skośny krzyżyków ( $>|<$ ).

Zarówno samo wrzeciono jak i figura achromatyczna znacznie jest teraz wybitniejsza, niż w stadyach, w których jądro było jeszcze pęcherzykowate. Składa się ono w tej chwili z dwóch stożków połączonych ze sobą w równiku wrzeciona podstawami. Jest ono dość wysmukłe w stadyach początkowych, później jednak traci na wysmukłości, stając się głównie na równiku znacznie grubsze. Na wierzchołku każdego ze stożków wrzeciona znajdujemy w środku promieniowania mały, silnie czarno zabarwiony centrosom. Samych składowych części wrzecionka, t. j. włókienek ciągnących (Zugfasern) i włókienek właściwego wrzecionka środkowego, w tej chwili nie jesteśmy w stanie od siebie odróżnić, występują one jednak z osobna wybitnie wówczas, skoro podzielone na połowy chromosomy zaczną się od siebie oddalać. Wtedy bowiem oprócz włókienek przyczepionych do chromosomów zobaczymy w równiku silne, często faliste włókienka łączące oba centrosomy.

Prócz włókienek wrzecionka centralnego i włókienek ciągnących przyczepiają się do centrosomu i całe niezmiernie u *Aplysii* obfite promieniowania biegunowe. Jedno z nich, wewnętrzne, ma kształt zupełnego słońca promieni, drugie obwodowe nie obejmuje działaniem swem powierzchni całej kuli, lecz tylko jej mniejszą część. W miejscu, gdzie centrosom obwodowy przylega do osłonki jaja, utworzyło się w jajku lekkie zagłębienie, które opisywane już było przez Marka (*Limax agrestis*), Hertwiga (*Pterotrachea* i *Phylliroe*), Kostaneckiego i Wierzejskiego (*Physa*), Kostaneckiego (*Mysostoma*) Ficka, (*Axolotl*) i Sobottę (*mysz*). Rozchodzące się od centrosomu obwodowego promieniowanie biegunowe nabywa też wskutek tego kształtu parasola pokrywającego ni-jako całą figurę (fig. 2. 3). Włókna obu promieniowań biegunowych ulegają w płaszczyźnie równikowej wrzecionka bardzo wyraźnemu skrzyżowaniu. Promienie ich rozbiegają się, dążąc wgłąb deutoplazmy otaczającej zewsząd wrzecionko i giną ostatecznie wśród kul, stanowiących deutoplazmę. Te, różnie wielkie, silnie czarno barwiące się kule, wyglądają zależnie od stopnia odbarwienia, jak najrozmaiciej. Niektóre z nich są zupełnie jednolicie czarne, w innych odbarwiła się cała masa stanowiąca kulę, pozostają zaś w niej zabarwione tylko widocznie odmiennie ziarenka i nitki, układające się w środku kuli i nadające jej wygląd nieraz ładząco do jądra podobny. Wielkie te kule zajmują zawsze tylko obwodowe warstwy promieniowania, nie wchodzą zaś nigdy głębiej między promienie. Pozostałe pole, zupełnie pozbawione wielkich kul, jest zasiane delikatniejszemi ziarenkami, których znowu nie napotykamy w najbliższym otoczeniu centrosomu, jako też w środ-



kowych częściach wrzecionka, wśród gęsto leżących promieni zdążających w tem miejscu do centrosomu.

Same końce promieni, widocznie cieńsze wypełniają zupełnie najbliższe otoczenie centrosomu, które jako miejsce pozbawione ziarenek deutoplazmy tworzy czasem wybitną jaśniejszą aureolę dokoła centrosomu. Tę część promieniowania zaliczają za Boverim, v. der Stricht, Fürst i Mac Farland do centrosomu. Promienista jednak budowa warstwy tej, zupełnie zgodna z budową pozostałej części sfery, zmusza nas do uważania jej za zmodyfikowaną część promieniowania, od którego Kostanecki odróżnił ją pod nazwą mikrosfery. Łączenie jej z jednolitym i względem redukcyjnego barwienia Heidenhaina, tak wybitnie odmiennie zachowującym się centrosomem, jest zupełnie nieusprawiedliwione. Na stosunek promieniowań do deutoplazmy zwracali już uwagę dawniejsi badacze i tak Trinchese opisując pole pozbawione ziarn deutoplazmy, w miejscu, gdzie ma się wydzielić ciało kierunkowe, odróżnia je od reszty komórki jaja, nazywając ją „area polare“, to samo czyni Platner i Mark (jego area). Najdokładniej jednak zostały te stosunki opisane w pracy Kostaneckiego i Wierzejskiego nad *Physa fontinalis*, tylko że zamiast kul deutoplazmatycznych *Aplysii* u *Physy* występowały wakuole i to dopiero znacznie później w biegu procesu zapłodnienia.

Kształt wrzeciona nie ulega, w pierwszych chwilach rozstąpienia się chromosomów, żadnym wybitnym zmianom, dopiero skoro chromosomy zbliżając się do biegunów wrzecionka, nagromadzą się tuż koło centrosomów, występuje skrócenie się osi długiej wrzecionka, przez co kształt jego staje się bardziej beczułkowaty. Równocześnie obszar, który obejmowało promieniowanie biegunowe, leżące na obwodzie, zaczyna się powoli zmniejszać, podczas gdy wzrastające w siłę promieniowanie, bliżej środka leżące, rozpościera swe promienie na przestrzeń, pierwotnie przez tamto promieniowanie zajęta. Zanik promieniowania obwodowego następuje tu w kierunku dośrodkowym, to jest, że promienie znikają od obwodu ku centrosomowi, jak to słusznie podnosili v. der Stricht i Heidenhain, występując przeciwko Mac Farlandowi. Jedyny Mac Farland widział bowiem w postępowaniu tego procesu kierunek przeciwny. Przyjąwszy ten punkt widzenia musielibyśmy, w stadyach zaniku promieniowań dostrzegać promienie luźne z centrosomem nie łączące się. Takich promieni nie mogłem jednak nigdy dostrzedz.

Z zanikiem promieniowania obwodowego wyrównywa się równocześnie lejkowate początkowo zagłębienie powierzchni jaja na obwodowym biegunie wrzeciona. Wyrównanie to ustępuje dalej wolno tworzącemu się wypukleniu w kierunku przeciwnym. W wypuklenie to



wstępuje centrosom obwodowy wraz z nagromadzonymi koło niego chromosomami i połową wrzecionka. W tych stadyach prócz postępującego jeszcze zmniejszenia wrzeciona, występują na jego włókienkach, w linii równikowej, wybitne zgrubienia, tworząc tu niejako płytkę (Zellplatte). Zgrubienia te są pierwszym początkiem ciała międzykomórkowego. Skoro połowa wrzecionka w wytworzone na obwodzie wypuklenie wstąpi, zaczyna się wpuklać część ścianki leżąca na granicy jaja i utworzonego wypuklenia. Wciskając się pierścieniowato co raz głębiej, między jajo a utworzone już obecnie ciało kierunkowe, wpuklenie to wciska i włókienka wrzecionka środkowego, które, tworząc wybitny krążek (fig. 5.), oba te twory łączy. Wreszcie wpuklenie to oddzieli ciało kierunkowe zupełnie od jaja.

Pozostała w jajku część wrzecionka centralnego wraz z wewnętrznym centrosomem objawia już dążność do wytworzenia wrzecionka drugiego ciała kierunkowego. Pierwszym zaś zaznaczeniem tej dążności jest podział pojedynczego poprzednio centrosomu na dwa centrosomy potomne. Podział ten występuje u *Aplisii* stosunkowo późno, bo zwykle tuż przed oddzieleniem się pierwszego ciała kierunkowego, podczas gdy v. der Stricht, Mead, Kostanecki i Wierzejski obserwowali w materiałach swych podział znacznie wcześniejszy. Figury podziału centrosomów odpowiadają figurom podawanym przez v. der Strichta u *Thysanozoon*, widać tu tak, jak u niego, że promienie dochodzą i w tych stadyach najwyraźniej do centrosomów, że również we włókienkach powstających wrzecionka środkowego zachodzą te same stosunki.

Wrzecionko samo z początku małutkie ma później kształt co raz bardziej wydłużającej się elipsy. Ustawione w stadyach początkowych zwykle prostopadle do osi wrzecionka pierwszego, dzięki rozwijającym się silnie promieniowaniom biegunowym, zmienia swe pierwotne położenie, ustawiając się naprzód skośnie, a później równoległe do jednego z promieni jaja.

Do rekonstrukcji jądra między wydzieleniem pierwszego a drugiego ciała nie przychodzi zupełnie; chromosomy leżące początkowo na powierzchni wrzecionka dostają się przez działanie promieni do jego wnętrza tak, że, gdy wrzecionko zajmie ostateczne swe położenie, znajdziemy chromosomy już w stadium gwiazdy macierzystej. Ilość ich, o ile mogłem porachować, gdyż leżą bardzo gęsto, jest znowu 16, (Baveri, widzi podobnie u *Pterotrachea* i *Phylliroe*) są one kształtu wydłużonych laseczek lub krzyżyków. Mogę też w zupełności potwierdzić ogólnie wyrażoną zasadę Häckera: „der Verdichtung im Asterstadium folgt regelmässig eine Verlängerung in der metakinetischen Phase und eine abermalige Verdichtung im Diaster“. Zdaje się, że u *Aplysii*



redukcya następuje przy pierwszym ciałku kierunkowem w sposób opisany przez Klinekowstroma u *Prosthecereus vittatus*, gdzie krzyżkowate chromosomy dzielą się skośnie ( $>|\langle$ ).

Figura achromatyczna wrzecionka drugiego ciałka kierunkowego nie różni się niczem zasadniczo od analogicznych figur pierwszego ciałka kierunkowego, jest tylko od niego znacznie, bo nieraz więcej niż o połowę mniejsza. Aplysia więc podobna jest, pod tym względem, do organizmów badanych przez Boveriego, a różni się tem od Physy, gdzie między wielkością wrzecionek pierwszego i drugiego ciałka kierunkowego niema wybitnej różnicy. Sam proces wydzielenia przebiega również w sposób zupełnie analogiczny, a kończy się, podobnie jak przy pierwszym ciałku kierunkowem, utworzeniem silnego ciałka międzykomórkowego, powstałego ze zgrubień równikowych na wrzecionku środkowem. Ciało to utrzymuje się przez dłuższy czas podczas dalszych procesów odbywających się w jajach. Oba więc procesy tworzenia się ciałek kierunkowych są typowymi podziałami karyokinetycznymi, a występujące bardzo wybitnie centrosomy niczem się nie różnią od centrosomów normalnej karyokinezy. W procesie wydzielania ciałek kierunkowych wiele razy nie znajdowano centrosomów; i tak nie widział ich zupełnie Boveri (*Ascaris* i wiele innych), Platner, Vejdovsky, Hencking, Fick, Sobotta, Behrens, Carnoy i Lebrun. Podczas gdy w ostatnich czasach mnożą się spostrzeżenia badaczy, którzy widzieli je dokładnie. (Conklin, Rückert, Mead, Kostanecki, Klinekowström, Wheeler, v. der Stricht i Gólski). W przypadkach, w których przy normalnym rozwoju nie można było wykazać centrosomów, udało się uczynić je widocznymi, zmieniawszy sztucznie warunki rozwoju, jak to zrobił Sala, oziębiając rozwijające się jaja, a Hencking, poddając je działaniu znacznieszego ciśnienia. U *Ascaris megalcephala* badanej wiele razy dopiero w ostatnich czasach wykazał Fürst malutkie ciałka, których nie można za nic innego uważać jak za centrosomy. Podobnie stwierdza obecność ich u *Ascaris Erlanger*, opisując je jako „in seitlicher Ansicht scheibenförmige, abgeplattete Gebilde“.

Ciałek kierunkowych mamy z reguły u *Aplysii* dwa. Pierwsze z nich znacznie większe może się jednak w wyjątkowych przypadkach podzielić na dwie części. Część wrzecionka centralnego, która przeszła w ciało kierunkowe, zachowuje się w niem jeszcze przez długi czas, nadając mu budowę wybitnie włókienkową. Nie udało mi się jednak nigdy dostrzedz centrosomu. Części chromatynowe mogą utworzyć w ciałku jużto pęcherzykowate jądro, już też może się ono wcale nie wytworzyć. W tym ostatnim przypadku chromatyna rozłożona jest w nieregularnych bryłkach, odpowiadających chromosomom. Charakte-



rystyczną cechą pierwszego ciała kierunkowego jest utworzenie się przy pierwszym ciałku kierunkowym dość długiej nitki protoplazmatycznej, wychodzącej z ciała w miejscu, gdzie zaznacza się na nim pozostałość ciała międzykomórkowego (fig. 13, 18, 21, 22). Nitka ta łączy ciało kierunkowe pierwsze jużto z jajem, jużto z ciałkiem kierunkowym drugim, jużteż swobodnie się kończy. W znacznie mniejszym ciałku kierunkowym drugim jądro staje się zwykle kształtu krążka, całe zaś ciało znacznie spłaszczone przylega do jaja.

Nieprawidłowe figury wrzecionka ciałek kierunkowych zdarzało mi się spotykać dość często, a odnosiły się zawsze do ciała pierwszego. Objawiały się zaś anomalie te jużto nienormalnem ułożeniem wrzecionka, jużto wystąpieniem figur wielobiegunowych. Z anomalii ułożenia występowało najczęściej ułożenie wrzecionka w ten sposób, że oba jego centrosomy leżały na obwodzie jaja, a oś długa wrzecionka stanowiła jego cięciwę. Przy ułożeniu tem wrzecionka musiały uleść deformacji i promieniowania biegunowe. Widziałem raz wśród stadyów znacznie późniejszych komórkę z podobnie utworzonym wrzecionkiem. W miejscu, gdzie centrosomy przylegały do osłonki jaja, wystąpiły dwa głębokie zagłębienia, do utworzenia jednak ciała kierunkowego nie doszło. Obraz fig. 8. stanowi doskonały typ wrzecionka wielobiegunowego. Trzy wrzeciona rozpościerają się między trzema centrosomami, włókna obwodowych części wrzecion biegną zupełnie typowo, tylko w środkowej przestrzeni widać między nimi nieregularnie przebiegające promienie. Na każdym z wrzecionek znajdujemy po kilka chromosomów normalnego kształtu, tylko w przestrzeni środkowej napotykamy mniejsze grudki chromatyny, przypominające chromosomy już podzielone. Tak z kształtu wrzeciona, jak i z wielkości całej figury widać, że jest to anomalia wrzecionka pierwszego ciała kierunkowego. Wśród figur trójbiegunowych napotykałem figury podobne do fig. 8. różniące się jednak od niej ułożeniem. Jeżeli w fig. 8. trójkąt utworzony przez wrzeciona zwrócony jest podstawą do środka jaja a wierzchołkiem leży na jego obwodzie, to w tamtych zachodziły stosunki wprost przeciwne. Analogiczną figurę napotkaną u *Thysanozoon* rysuje v. der Stricht; w jego jednak przypadku figura odpowiada ma wrzecionku ciała kierunkowego drugiego. V. der Stricht jako przyczynę powstania podobnej figury podaje powstrzymanie wydzielania ciała kierunkowego. Zdaje mi się jednak, że raczej wprost przeciwnie następstwem takiej figury musi być niewydzielenie się ciała. Figury te powstawać muszą skutkiem przedwczesnego podziału jednego z centrosomów wrzecionka. Podczas podziału centrosomu, leżącego bliżej środka, powstała fig. 8.; figury opisane powyżej powstają przez podział centrosomu obwodowego.



W obu przypadkach jako przyczynę zaznaczyć muszę i na fig. 8. widoczną nadzwyczajną siłę rozwoju nie tylko wrzecionek ale i promieniowań biegunowych, które świadczą o nadmiernie rozwiniętej sile ich działaności. Że w każdym z podobnych przypadków powstrzymanie wydzielania ciała kierunkowego jest koniecznym następstwem samo się przez się tłómaczy.

### III. Proces zapłodnienia.

Plemniki wnikając w głąb jaja *Aplysii* przebić może błonkę otaczającą jajo w którymkolwiek jej punkcie, nigdy prawie nie wnika jednak w miejscu, gdzie leży figura achromatyczna ciała kierunkowego i rozchodzące się od niego promieniowanie. Najczęściej punkt wniknięcia leży poniżej płaszczyzny równikowej, znacznie rzadziej powyżej niej. Do wnętrza jaja wchodzi plemnik cały, to jest, wraz z witką, co zresztą, jak dotychczas przynajmniej, jest wspólną cechą wszystkich badanych głowonogów (Platner, Garnault, Hertwig, Mark, Boveri, Kostanecki i Wierzejski, Mac Farland). Witka wyraźna z początku wśród kul deutoplazmy znika następnie bez śladu, a obserwacyja losów jej następuje wiele trudności ze względu na otaczającą ją deutoplazmę. Znaczenia zaś w procesie zapłodnienia nie ma witka prawie zupełnie, u wielu bowiem organizmów witka całkiem w głąb jaja się nie dostaje. W obserwacjach też zwrócimy uwagę przedewszystkiem na główkę plemnika i na część łączącą główkę z witką, zwaną pasemkiem łącznym. Na fig. 9. widzimy główkę plemnika zabarwioną na czarno, której koniec cieńszy podczas przebijania osłonki jaja, w chwili na rysunku oddanej, już napęczniał. Z cieńszego jego końca wychodzi słabo zabarwione pasemko łączne zakończone od strony witki ciemno czarnym punktem, od punktu tego odchodzi w dalszym ciągu początek witki. Ze względu na znaczną rolę, jaką w przebiegu zapłodnienia odgrywa centrosom plemnika, musimy go przedewszystkiem odszukać w opisanym obrazie. Zadanie to nie będzie trudne; wiemy z badań spermatogenezy, że centrosom podczas rozwoju plemnika, zostaje objęte pasemkiem łącznym, co u blisko bardzo *Aplysii* stojącej *Helix pomatia* wykazał bardzo dokładnie Godlewski, u innych zaś organizmów stwierdzili ten sam fakt inni badacze (Meves salamandra, Lenhossek mysz i inni). Wobec tego nie można ani chwili żywić wątpliwości, że ciemno czarno zabarwiony punkt na końcu pasemka łącznego leżący, nie jest niczem innym, jak tylko właśnie centrosomem plemnika. Odpowiada bowiem, nie tylko typowem ułożeniem, ale nawet i kształtem swoim, centrosomowi opisanemu przez Godlewskiego u *Helix*. Nie jest to zupełnie kulisty punkt, ale raczej spłaszczony krążek.



Wchodząc za główką plemnika musi centrosom w pierwszych chwilach po zapłodnieniu leżeć bliżej obwodu jaja, niż poprzedzająca go główka; takie też położenie widzieliśmy na codopiero opisanej figurze (f. 9.). W następnych jednak stadyach po zniknięciu nitki wykonywa główka plemnika, połączona pasemkiem łącznym z centrosomem, obrót o  $180^{\circ}$  w ten sposób, że sama leży następnie bliżej obwodu a centrosom bliżej środka jaja. Zwrot ten stwierdzono u wszystkich prawie organizmów i tak widział go Fick u Axolotla, Boveri i Kostanecki u jeżowców, Kostanecki i Wierzejski u Physy, Kostanecki u Myzostoma, Hill u innych echinodermatów i u Ascidii, Behrens u pstrąga, Mead u *Chaetopterus pergamentaceus* i u annelidów, v. der Stricht nie mógł się jednak zwrotu tego u *Thysanozoon* deparzyć. Wobec znacznej długości główki i zbitości otaczającej ją deutoplazmy wykonanie opisanego zwrotu napotyka u *Aplisii* na znaczne trudności. Główka też sama w stadyach tych w najrozmaitszy sposób wygina się i wykręca.

Po wykonanym zwrocie główka i pasemko łączne pęcznieją zwolna dalej. Podczas pęcznienia pasemka łącznego ścisły pierwotnie związek centrosomu z główką staje się znacznie luźniejszy. Główka zaś pęczniąc, zaczyna przybierać postać co raz bardziej zaokrągloną, aż wreszcie staje się zupełnie kulistą. W tych stadyach na preparatach barwionych metodą Heidenhaina nie mogłem w żaden sposób kulistej główki plemnika od otaczających ją kul deutoplazmy odróżnić. Dla wykrycia jej musiałem użyć w stadyach tych barwień odmiennych, a przede wszystkim barwików jądrowych. Barwiłem więc hematoksyliną samą, zielenią metylową, fioletem gencjanowym i innymi. Barwiki te dozwalały mi obserwować główkę (jądro) plemnika, nie uwydatniały jednak dostatecznie centrosomu. Ponieważ w tych stadyach jedyne kryterium, jakie dozwala nam odróżnić centrosom od innych barwiących się ziarenek protoplazmy, to jest promieniowanie, albo jeszcze całkiem nie istnieje albo jest tak małe, że je otaczająca deutoplazma całkowicie zasłania, nie mogłem w tym stanie losów centrosomu wysledzić. Na podobne trudności napotykali w stadyach tych i inni badacze, jak Mark, Garnault i v. der Stricht. W badaniach zaś Kostaneckiego i Wierzejskiego promieniowania w stadyach tych występowały niezwykle wybitnie. Szukając przyczyny tego dziwnego pozornie faktu muszę przypuścić, że rozwój promieniowania w jajach napotkał badanego przez nich organizmu na korzystniejsze warunki, niż w jajach, które badali Mark, Garnault lub wreszcie które sam badałem. Rzeczywiście w moim zwłaszcza materiale stanowić musi zbita i obfita deutoplazma silną bardzo przeszkodę rozwojowi promieniowania plemnika. Skoro jednak promienio-



wanie to dostanie się w obręb przestrzeni niezawierającej deutoplazmy (area polare Trinchese), wtedy zaczyna zaraz wzrastać i to niezmiernie szybko. Podobne stosunki dają się wyczytać u obfitującego w żółtko jaja Thysanozoon w pracy v. der Strichta. W licznych jego figurach dostrzegamy tylko dwie z promieniami plemnika (f. 55. i 56.). Na jego fig. 56. promieniowanie to, mieszczące się jeszcze wśród deutoplazmy, jest tak delikatne, że tylko w szczególnie korzystnych warunkach można je było dostrzedz, że znajduje się ono już w przestrzeni zupełnie nie zawierającej deutoplazmy. U Physa badanej przez Kostaneckiego i Wierzejskiego wielkie kule deutoplazmy, których całe jajo Aplysii odrazu jest pełne, występowały dopiero w późniejszych stadyach, a i wtedy nie były to zbite i silnie barwiące się masy jak u Aplysii, lecz niebarwiące się jasne przestrzenie podobne do wakuoli.

Dostawszy się w obręb przestrzeni wolnej od deutoplazmy, zaczyna małe dotychczas jądro pęcznić znacznie szybciej, a tuż za niem występują zwykle dwa promieniowania. Promieniowania te nie wybitne z początku, rozwijają się wkrótce bardzo znacznie. Jądro plemnika stanowiące początkowo jednolitą masę chromatynową pęczniąc, zaczyna tworzyć co raz większy pęcherzyk, w którego ścianach wyraźnie zarysowują się pętla i grudki chromatyny. Ze jednak w pewnych warunkach promieniowania plemnika rozwinać się mogą i bardzo silnie, do wodem załączona fig. 16. Jest to jednak przypadek bardzo rzadki.

Powracamy do jądra jaja. Była o niem mowa do chwili po wydzieleniu drugiego ciała kierunkowego; część wrzeczona pozostała w jaju ulega teraz przedewszystkiem zanikowi. Losowi podobnemu ulega zarówno promieniowanie bardzo wyraźne do ostatnich chwil wydzielania drugiego ciała kierunkowego, jak i jego centrosom. Promieniowanie znika zwykle bez śladu, w rzadkich tylko przypadkach pozostawiając ślad swój w kształcie płaszcza słabych i słabo napiętych promieni, przebiegających równoległe do powierzchni jaja. Dotychczas w luźnych pętlach leżąca chromatyna jaja zlewa się, tworząc nowe jądro. Jądro to z początku nierówne i płątowate, zaokrągla się wkrótce, tworząc mały pęcherzyk. Ułożone naprzód w miejscu gdzie ciało kierunkowe się wydzieliło, albo pozostaje na miejscu nieruchome, oczekując zbliżenia się plemnika, albo też obniża się wgłąb jaja, występując na jego spotkanie.

Dwa najważniejsze możemy rozróżnić typy podczas zbliżania się jądra plemnika. Albo postępuje wprost od bieguna odzywczego ku górze, albo też zbliża się z boku przebiwszy jajo powyżej równika. W pierwszym przypadku ułożą się oba jądra jedno pod drugim a płaszczyzna ich zespolenia równoległa do płaszczyzny równika jaja. Fig. 11.



12, 13 i 14 ilustrują nie tylko ułożenie jąder ale i stosunek jąder do promieniowań w tym typie zbliżania się. Na fig. 11 promieniowań ani centrosomów nie wrysowano, gdyż wśród licznych ziarenek leżących tuż koło jądra nie można było rozstrzygnąć, które jest centrosomem, promieniowania zaś były jeszcze niezmiernie słabe. Na figurach następnych zato promieniowania i centrosomy występują bardzo wybitnie. Jako dodatkową odmianę tego typu możemy uważać stadya odryśowane na figurach 15. i 16. O jednej z nich mówiliśmy powyżej. Figura 16. zasługuje na uwagę ze względu na różnicę rozwoju obu jąder. I tak widzimy, że jądro plemnika rozpadło się już na chromosomy, ułożone wewnątrz wrzecionka, podczas gdy błona jądrowa jądra jaja jest jeszcze w całości utrzymana. O takiej nierównomierności rozwoju jąder wspominają kilku słowami Klinckowström i Behrens. Francotte zaś opisuje, że widział przy utrzymanym w całości jądrze plemnika jądro jaja podzielone na chromosomy.

Podczas zbliżania się jądra plemnika od boku płaszczyzna kopulacji jąder tworzy z płaszczyzną równikową kąt ostry albo nawet prosty (fig. 17., 18. i 19.). Promieniowania układają się zupełnie odmiennie niż w razie postępowania jądra plemnika wprost od dołu. Na fig. 17., przedstawiającej najwcześniejsze stadium tego typu, widzimy tuż za jądrem plemnika, dwa centrosomy połączone delikatną niteczką. Od centrosomów rozchodzą się słabe jeszcze promieniowania. Na fig. 18. i 19. widzimy dalsze stadya rozwoju tego typu, szkoda tylko że w pierwszej z nich nie udało mi się dostrzedz drugiego promieniowania. Na fig. 16. centrosomy, zdaje się, zajęły ostateczną swą pozycję, w której oczekiwać będą aż oba jądra podzielą się na pętle chromatynowe.

Ułożone obok siebie jądra tak jajka jak i plemnika ulegają w chwilach tych równomiernemu pęcznieniu. Chromatyna ich, tworząca z początku zbite pętle i zajmująca znaczną część przestrzeni jądra, jest obecnie tylko małą stosunkowo częścią składową. Tworzy ona grudki zwykle zbite w jednym miejscu jądra, podczas gdy główną treść jądra stanowi jednostajny, nie barwiący się sok jądrowy. Tak przygotowują się jądra do ostatecznego podziału na pętle. Do połączenia się i zlania obu jąder nie przychodzi u *Aplysii* podobnie, jak to stwierdzili Boveri, Kostanecki, Klinckowström i i. Jądro każde dzieli się zupełnie osobno na chromosomy. Chromosomy tak jajka jak i plemnika tworzą też po zniknięciu błony jądrowej zawsze osobne grupy. Na fig. 20. widzimy właśnie chwilę, gdzie oba jądra już zanikły, po granicach jądra komórki jajka zaznacza się jeszcze delikatny ślad ograniczający jaśniejsze pole, obie chromatyny połączone już z włókieńkami ciągnącymi zaczynają zdążać ku płaszczyźnie równikowej jajka. I w tym przypadku



promieniowania nie zajęły jeszcze swego ostatecznego ułożenia, a jednak jądra już są najwyraźniej rozpadłe. Ta niezależność rozwoju jąder od siebie jako też od ułożenia promieniowania jest cechą różniącą Apłysię od innych badanych dotychczas organizmów.

Figura achromatyczna była w chwilach pęcznienia jąder bardzo delikatna, z chwilą, gdy oba jądra ulegną rozpadowi na chromosomy występuje jednak znacznie wybitniej. Widzimy wtedy, jak od dwóch centrosomów będących zawsze małymi kulistymi ciałkami rozechodzą się na wszystkie strony pęki nadzwyczaj wybitnych promieni. Centrosomy są między sobą połączone silnem i bardzo wyraźnem wrzecionkiem środkowem, którego łukowate włókienka odbijają jasno wśród pola wypełnionego drobnutko ziarnistą protoplazmą. Promieniowania biegunowe rozwijają się bardzo silnie, co się objawia w zmianie ułożenia deutoplazmy. Ta w początkowych zwłaszcza chwilach zbliżania się jąder obejmuje z bliska małe jeszcze pęcherzyki jądrowe (fig. 11. 17.). Teraz jednak silne promieniowania biegunowe odsuwają całą masę deutoplazmy od jąder, tak że ona musi się gromadzić w dolnej części jaja, gdzie promienie mniej gęsto przebiegają. W ten sposób zaznacza się bardzo silnie różnica między biegunem odżywczym, zawierającym deutoplazmę i zarodkowym, zawierającym figurę mitotyczną pierwszego podziału. Biegun zarodkowy różni się jasną i prawie przejrzystą plazmą od bieguna odżywczego, w którym wielkie masy żółtkowe sprawiają, że biegun ten jest żółto zabarwiony a przytem mniej przezroczysty. Biegunowe to ułożenie deutoplazmy zaznaczywszy się w tej chwili po raz pierwszy, zachowa się w dalszym ciągu przez cały przebieg bródkowania.

Oś długa wrzeciona, której ułożenie w stadyach dwóch jąder było bardzo rozmaite, układa się teraz pod wpływem promieniowań tak, że leży zawsze w połowie przestrzeni nie zawierającej kul deutoplazmatycznych. W równiku tak ułożonego wrzecionka układa się chromatyna obu jąder tworząc 32 długich, równozagiętych pętli. W ten sposób proces zapłodnienia kończy się na ułożeniu we wspólną gwiazdę macierzystą pętli chromatycznych tak jądra jaja jak i plemnika. Dalsze procesy, zmierzające do utworzenia z komórki jaja dwóch komórek potomnych, zaliczyć można do procesów zwykłej karyokinezy.

#### IV. Pierwszy podział.

W utworzonym w ten sposób wrzecionku zapłodnionego jajka nastaje chwilowo pozorny spokój. Jak jednak wiadomo z badań Kosta-



neckiego jest to chwila bardzo ważnych zmian przygotowawczych, i tak silnie dookoła równika krzyżujące się promienie obu promieniowań biegunowych zaczynają się cofać w obręb połowy jajka, z której wychodzą. Cofnawszy się kurczą się dalej i wprowadzają warstwę protoplazmy obwodowej w płaszczyznę równikową wrzeciona i dopiero w tak przygotowaną komórkę zaczynają wciągać i błonkę otaczającą jajo.

Podczas wszystkich tych zmian figury achromatycznej, przechodzi chromatyna ze stadium gwiazdy macierzystej w stadium gwiazdy potomnej. Chromosomy oddalając się od siebie, zbliżają się do centrosomów, zaczynają się zlewać i tworzą ostatecznie małe jądra przyszłych komórek. Jeżeli dotychczas figura achromatyczna prócz krzyżowań, nie ulegała wybitniejszym zmianom to od tej chwili zmiany przedewszystkiem się jej tyczą. I tak wrzecionko środkowe zaczyna się nieznacznie skracać a na równikowej części włókien występują znaczne zgrubienia. Równocześnie rozpoczyna się ciało komórki przewężać, ale w ten sposób, że wpuklenie to, zacząwszy się w miejscu, gdzie wydzielone zostały ciała kierunkowe, posuwa się w głąb komórki, ku deutoplazmie, przewężając zwolna wrzecionko środkowe. Dzieje się to w ten sposób że przy równoczesnem posuwaniu się jąder ku górze przyjmuje ono kształt podkowy.

Skoro górna brózda przewężyła jajo aż prawie po samą dentoplazmę, zaczyna występować na biegunie odżywczym lekkie wpuklenie. Wpuklenie to, posuwając się znacznie wolniej, połączy się ostatecznie z brózdą górną, a dwie nowe komórki połączone będą tylko zaciśniętą częścią wrzecionka środkowego, które utworzy tu znowu wybitne ciało międzykomórkowe (f. 23.). W ciałku komórkowym, stanowiącem silnie czarny krążek, widać przez dłuższy czas jego budowę złożoną z pojedynczych zgrubień wrzecionka środkowego. Dwie komórki okręcają się ostatecznie koło siebie o  $90^{\circ}$ , wykonywują ruchy opisane jako tellofazy przez Heidenhaina, Prenanta i Kostaneckiego. Słabo w ostatnich chwilach podziału komórek widoczne centrosomy występują teraz silnie w każdej komórce podziału i to zwykle już podzielone (f. 24.).

## V. Część ogólna.

Rezultaty badań nad zapłodnieniem Aplysji, co się tyczy ogólnego przebiegu tego procesu, potwierdzają w znacznej części fakta znane z zapłodnienia ślimaków, a opisane przez Fola, Platnera, Marka, Hertwiga, Boveriego i Mac Farlanda. Zgadzą się też w główniejszych punktach z rezultatami badań Kostaneckiego i Wierzejskiego nad *Physa fontinalis*, pod niejednym jednak względem są one odmienne i uzupeł-



nią spozstrzeżenia poprzedników. Jak opisywałem, plemnik wnika u *Aplysii* do jajka z witką, która wkrótce rozplywa się w otaczającej plazmie. Mimo oporu, jaki stawia ruchom plemnika otaczająca go deutoplazma, główka tak się zwraca, że połączony z nią centrosom, leżący pierwotnie na obwodzie jaja, układa się w poprzednich stadyach bliżej jego środka. Chociaż centrosom przez pewien czas nie daje się odszukać wśród deutoplazmy, to przecież, skoro tylko jądro plemnika ukaże się na polu pozbawionem deutoplazmy, widać tuż przy jądrze plemnika pierwotnie słabe (f. 17.) a później co raz silniejsze promieniowania z centrosomami (f. 12., 13., 18.). Ponieważ równocześnie zanika promieniowanie i centrosom jaja, więc nie ulega żadnej wątpliwości, że centrosomy pierwszego wrzeciona u *Aplysii* pochodzą od centrosomu, który w pierwszych chwilach po wejściu plemnika z swą główką był w wyraźnej łączności.

Uderzającym objawem w procesie zapłodnienia jaja *Aplysii* jest nadzwyczaj rozmaite ułożenie jąder jajka i plemnika w chwili zupełnego ich zbliżenia się. Leżą one na biegunie zarodkowym, albo tuż obok siebie, a płaszczyzna ich zespolenia jest prostopadłą lub skośną do równika jaja, albo układają się jedno pod drugim, a płaszczyzna ich kopulacji jest do równika równoległą. Rozwój ich postępować może również nierównomiernie, jedno z jąder może się już podzielić na chromosomy, podczas gdy drugie otacza jeszcze błona jądrowa. Objawem napotykanym również bardzo często u *Aplysii* jest podział jąder na pętle chromatynowe pierwiej nim promieniowania ułożą się w miejscu swego ostatecznego przeznaczenia, t. j. w płaszczyźnie równoległej do równika jaja. To położenie bowiem zajmowała figura achromatyczna stale w stadyum gwiazdy macierzystej, jakiegokolwiek było pierwotne ułożenie promieniowań i rozpościerającego się między nimi wrzecionka. Tej nierówności w rozwoju obu jąder, niezależności ich od ułożenia figury achromatycznej, tej wreszcie zmienności w ułożeniu wzajemnem jąder u innych organizmów nie spotykamy. U ślimaków jednak musi być ona charakterystyczna, wyczytać ją można bowiem i z figur Mac Farlanda.

Leżąca bliżej bieguna zarodkowego figura karyokinetyczna odpycha ku biegunowi odżywcemu całe mnóstwo w jaju nagromadzonych kul deutoplazmatycznych. To też brózda pierwszego podziału postępować musi znacznie szybciej na biegunie zarodkowym, niż na biegunie odżywczym, czego następstwem jest, że wrzecionko środkowe ulega łukowatemu wygięciu, a ciało kierunkowe pada na granicę między jasnym polem bieguna zarodkowego a ciemną dolną częścią obu nowych komórek. Nie tylko na przebieg tworzenia się pierwszej brózdy i na po-



przednie już stadya wywiera deutoplazma swój wpływ. W jajach, gdzie deutoplazmy mało, gdzie nie jest zbita, centrosom plemnika napotyka na mniejszy opór w jajach, zaś gdzie deutoplazmy dużo, zadanie centrosomu wprowadzonego przez plemnik jest utrudnione. Driesch w jednej z ostatnich swoich prac stwierdził, że podczas bastardowania jajek echinodermów czas utworzenia się pierwszej brózdy nie zależał zupełnie od plemnika, lecz stale odpowiadał czasowi, w którym komórka jaja zapłodniona przez plemnik tego samego gatunku tworzy pierwszą brózdę. Otóż w różnych jajach różne napotykamy rodzaje deutoplazmy; tak też budowa molekularna każdego z pięciu gatunków echinodermów, jakich Driesch do swych badań używał, musi być odmienną. Odmiennie są też opory jakie, każdy z plemników w jajach tych napotykał, podczas gdy różnica energii plemników nie może być wielka. Stąd sądzę, że przez Driescha sile dziedziczności przypisywany ten objaw, odnieść wypadnie do oporu molekularnego deutoplazmy, na jaki w różnych jajach działalność plemnika natrafia.

Przez cały czas tak zapłodnienia jak i dojrzewania jaja napotykaliśmy zawsze bardzo wyraźne centrosomy. Tak podczas wydzielania ciałek kierunkowych jak i później w czasie pęcznienia jąder, a wreszcie i przy pierwszym podziale widzieliśmy centrosom jako małe, zupełnie jednolite, silnie czarno zabarwione ziarenko, które, dzieląc się na dwie części, dawało zupełnie podobne centrosomy komórek potomnych. We wszystkich tych stadyach widać było najwyraźniej, że wszystkie promienie dążą i przyczepiają się do centrosomu. Jaśniejsze pole, które zwłaszcza w stadyach wydzielania ciałek kierunkowych, stanowiło najbliższe otoczenie centrosomu, w razie dokładnego badania okazywało zawsze budowę promienistą zależną od przebiegających przez nie, a zdążających do centrosomu promieni. Części promieni najbliższej centrosomu leżące zdawały się cieńsze od reszty promieniowania. Zupełny brak ziarenek deutoplazmy nadaje polu temu charakterystyczny wygląd, to też Kostanecki proponował już dawniej, by część tę promieniowania oznaczyć inną nazwą (mikrosferą). W razie barwienia metodą Heidenhaina, jeżeli odbarwienie mało już posunięte pozostają czasem zabarwione i części promieni przylegające do centrosomu, co może nadawać im pozornie zupełnie odmiennie kształty. Tak n. p. na fig. 14., gdzie obok dwóch jąder widać dwa promieniowania zabarwiły się z jednym z centrosomów początki dwóch w przeciwnych kierunkach zdążających pęczków promieni. Centrosom też nie jest tu zupełnie kulisty, lecz trochę wydłużony.

Cały szereg badaczy, idący za Boverim jak Mac Farland, Klinckowström i wreszcie w ostatnich czasach Fürst, opisuje w nie-



których stadyach centrosom, jako wielką kulę zawierającą w środku malutkie ciało (centriolę). Kwestyę wzrostu centrosomu w pewnych stadyach mitozy poruszoną pierwszy raz przez Boveriego, podczas badań nad *Ascaris megalcephala*, poruszyli w ostatnich czasach na nowo Fürst, Ryszard Hertwig i Behrens.

Fürst korzystając częściowo tylko z nowego, przeważnie zaś z dawniejszego materiału Boveriego, przejęty najgoręcej jego myślami, występuje ostro przeciw Kostaneckiemu i Siedleckiemu w których pracy na figurach nie można dostrzedz powiększania się centrosomu.

Hertwig w ostatniej pracy o *Actinosphaerium Eichhorni* opisał dokładnie zmianę, jakiej centrosom ma ulegać. Proponuje nawet nazwać centrosom, zachowujący się w chwili wzrostu, pod względem chemicznym, odmiennie centrosferą. „Wir können“ mówi on „den oben geschilderten Entwicklungsgang in folgender Weise schildern. Centrosomen vergrösseren sich und wachsen zu Centrosphären heran. In diesen treten Centriolen auf, welche allein von der Sphäre bleiben und die Centrosomen der nächsten Theilung liefern“. Byłby to więc taki rozwój małego i charakterystycznie barwiącego się centrosomu, podczas którego traci on swe własności chemiczne, zmieniając się na wielką gąbczastą kulę (centrosferę), w kuli tej powstaje znowu centriola (centrosom Kostaneckiego, Heidenhaina i mój), a z centrioli znów tworzy się centrosfera. Ani więc centriola ani centrosfera nie są stałymi częściami komórki, występują bowiem w niektórych stadyach równocześnie, w innych zaś niema albo jednego albo drugiego.

Behrens, który do stadyum gwiazdy macierzystej pierwszego podziału widział zawsze centrosomy odpowiadające centrosomom Heidenhaina, w stadyum tem zamiast małych ziarenek otrzymał wielką od protoplazmy nie różniącą się kulę. Wzrost ten motywuje Behrens tem, że przy ogromnie powiększającej się liczbie promieni powiększenie się płaszczyzny, do której się przyczepiają, musi być koniecznem następstwem. Rzuciwszy jednak okiem na jego figury, czuje się najlepiej, że wniosek ten nie jest słuszny; bo jeżeli powierzchnia malutkiego centrosomu jaki widzimy na jego fig. 15., 18. i 19., wystarczały do przyczepienia się tak niezmiernie wielkiej ilości promieni, to na fig. 22. wzrost ilości promieni nie jest dostatecznie wielki, aby tak znaczny wzrost centrosomu usprawiedliwić.

Otóż ani u *Aplysii*, ani u *Cionii* badanej przez Gólskiego, ani w badaniach Kostaneckiego odnoszących się do różnych zwierząt, ani wreszcie u leukocytów lub innych komórek somatycznych, podobnej zmiany centrosomów stwierdzić nie można. O ile więc cykl Hertwiga stosować się może do protozoów (jeśli go dalsze badania pó-



twierdzą), o tyle istnienie jego u organizmów wyższych jest zupełnie wątpliwe. Centrosom taki, jak go widziałem u *Aplysii*, jest nie tylko stałą częścią składową komórki, ale jest także jednostką zachowującą stale swe charakterystyczne własności chemiczne. Wprawdzie centrosom musi w pewnej mierze rosnąć, ale nigdy wielkość centrosomów nie jest tak znaczna, jak to rysuje Boveri i jego współpracownicy.

Odmienne obrazy przypisać należy odmiennej metodzie ustalania preparatów, co zresztą wykazali jasno Kostanecki i Siedlecki. Pośrednie miejsce zajmuje w kwestyi tej v. der Stricht, który wprawdzie podczas wydzielenia się drugiego ciała kierunkowego widział promienie dochodzące do samego centrosomu (jego *corpusecul* lub *grain central*), nie mogąc jednak w innych stadyach stosunku tego dopatrzeć się, zalicza do centrosomu i najbliższą część sfery (*couche medulaire van Benedena*). Sądzę jednak, że i w tych stadyach dałaby się łatwo wykazać, przy jeszcze ostrożniejszym przygotowaniu materiału, taka sama promienista budowa, jak i w stadyach drugiego ciała kierunkowego. Zdanie to mogę tem śmieiej wypowiedzieć, że oparte jest na doświadczeniu, jakie w pracowni naszego uniwersytetu nabył kol. Gólski pracujący nad zapłodnieniem u *Cionia intestinalis*. Podczas badania materiałów, przeprowadzonych do parafiny przez chloroform pole najbliższe centrosomu okazywało się zawsze jednolite, a dopiero w materiałach przeprowadzanych przez benzol w polu tem wystąpiła budowa promienista. Widząc budowę tego pola zgodną z budową reszty sfery i widząc różnice chemicznego zachowania się, nie mogę warstwę tej zaliczać do centrosomu.

Ponieważ, jak wspomniałem, centrosom wyglądał zawsze jako czarny, jednolity punkt, nie mogę za Erlangerem przypisywać mu budowy piankowatej. Że zaś leżał wszędzie i zawsze po za jądrem, nie mogę też potwierdzić rezultatów Carnoy i Lebruna, którzy w niektórych stadyach widzieli centrosom w środku jądra.

O ile centrosomy plemnika a więc i pierwszego podziału dadzą się uwidocznić we wszystkich badanych organizmach, o tyle centrosomy ciałek kierunkowych, które u *Aplysii* tak wyraźnie występują, u niektórych innych organizmów nie dadzą się wykazać. Co jednak najbardziej uderza, że nie występują one nawet u tych organizmów, u których ci sami badacze znajdują wyraźnie centrosomy w zapłodnionem już jajku. Mamy tu oczywiście jakąś subtelną różnicę w budowie górnej części wrzecionka achromatycznego, a zatem i centrosomu, która jednakże dalsze badania muszą wykazać i wyjaśnić. U tyle razy opracowywanej *Ascaris megalcephala* dopiero Fürst obecność centrosomów podczas wydzielenia się ciałek kierunkowych stwierdził, a Behrensowi



w doskonałe przeprowadzanych badaniach nad zapłodnieniem i dojrzewaniem jaja pstrąga nie udało się wykazać centrosomów przy ciałkach kierunkowych. Że jednak i tam w normalnych warunkach rozwoju centrosom nie dał się wykazać, można go uwidocznić, zmieniając eksperymentalnie warunki rozwoju, dowodzą badania Sali i Henkinga.

---

## LITERATURA.

---

- Ballovitz — Zur Entstehung der Zwischenkörper.  
Anat. Anz. T. XIV 1898.
- Boveri. — Zellstudien I, II, III. Jena 1887—1890.
- Boveri. — Ueber das Verhalten der Centrosomen bei der Befruchtung des Seeigels-Eies nebst allgemeinen Bemerkungen ueber Centrosomen und Verwandtes. Verh. der physik. med.  
Gesell. zu Würzburg N. F. Bd. 29. 1895.
- Brauer. — Zur Kenntniss der Reifung des parthenogenetisch sich entwickelnden Eies von *Artemia salina*.  
Arch. f. mikr. Anat. T. 42. 1893.
- Behrens. — Die Reifung und Befruchtung des Forelleneies.  
Anatomische Hefte. T. X 2.
- Carnoy i Lebrun. — La fécondation chez *l'ascaris megaloccephala*. La Cellule T. XIII. fasc. 1. 1897.
- Carnoy i Lebrun. — La vesicule germinative et les globules polaires chez les batraciens. La Cellule. T. XIV. 1898.
- Carnoy i Lebrun. — A propos de fécondation. La Cellule T. XIV 1898.
- Conklin. The fertilization of the ovum.  
Biological Lectures Marine Biol. Cab. Woods Holl Boston 1894.
- Driesch. — Ueber rein-mutterliche Charaktere an Bastardlarven von Echiniden. Archiv. f. Entwicklungsmechanik der Organismen T. VII. Zesz. 1. 1898.
- v. Erlanger. — Ueber die Befruchtung und erste Theilung des Eies von *Ascaris megaloccephala* nebst allgemeinen Betrachtungen ueber den Bau des Protoplasmas, der Spindel und des Centrosomas.  
Verh. der Deutsch. Zool. Gesell. 1896.
- v. Erlanger. — Zur Befruchtung des *Ascaris* Eies nebst Bemerkungen ueber die Struktur des Protoplasmas und des Centrosomas Zool. Anz. 1896.
- v. Erlanger. — Zur Kenntniss der Zell und Kernteilung.  
Biologisches Centralblatt. T. XVII. 1897.
- v. Erlanger. — Ueber die Morphologie der Zelle und den Mechanismus der Zellteilung. Zool. Centralbl. 1897.
- v. Erlanger. — De la provenance du corpuscul central dans la fécondation. Archives d'anatomie microsc. T. I, fasc. 3. 1897.
- v. Erlanger. — Beiträge zur Kenntniss der Struktur des Protoplasmas, der karyokinetischen Spindel und des Centrosomas 1. Ueber die Befruchtung und erste Theilung des *Ascariseies*. Arch. f. mikr. anat. T. 50. 1897.















- Foot Katharine. — Preliminary note on the maturation and fertilization of the egg of *Allolobophora foetida*. Journ. of Morphol. T. IX, N. 3. 1894.
- Foot Katharine. — Yolk nucleus and polar rings. Journ. of Morphol. T. XII N. 1. 1896.
- Foot Katharine. — The origin of the cleavage Centrosome. Journ. of Morphol. T. XII, N. 3. 1897.
- Foot, Katharine and Ella Church Strobell.  
Further notes on the egg of *Allolobophora*. Zool Bulletin T. II, N. 3. 1898.
- Fol. — Etudes sur le developpement des mollusques. 1875.
- Fol. — La quadrille des centres un épisode nouveau dans l'histoire de la fécondation. Arch. de science phys. et nat. Genève. T. XXV, 1891.
- E. Fürst. — Ueber Centrosomen bei *ascaris megaloccephala*.  
Arch. f. mikrosk. Anat. T. 52. 1898.
- Garnault. — Les phenomenes de la fécondation chez *Helix aspera* et l'*Arion empiricorum*.  
Zool. Anz. T. XI i XII, 1888, 89.
- Godlewski. — O przeistaczaniu spermatyd w plemniki w gruczole obojnaczym *Helix pomatia*.  
Rozprawy Akad. umiej. wydział. mat.-przyrod. Serya II, T. XIV, 1899  
Kraków.
- Gólski. — Reifung und Befruchtung des Eies von *Cionia intestinalis* F. Compt. rendu de séances de l'académie des sciences de Cracovi. Mars 1899.
- Griffin. — The history of the achromatic structures in the maturation and fertilization of *Thalassema*.  
Transactions New York, Acad. of Scien. 1896.
- M. Heidenhain. — Neue Untersuchungen ueber das Centralkörper und ihre Beziehung zum Kern und Zellprotoplasma. Arch. f. mikr. Anat. T. 43. 1894.
- M. Heidenhain. — Cytomechanische Studien.  
Arch. f. Entwicklungsmechanik T. I, Zesz. 4. 1894.
- Henking. — Untersuchungen ueber die ersten Entwicklungsvorgänge in den Eiern der Insecten I, II, III, Zeitschr. f. wissensch. Zool. T. 50, 51, 52, 1890, 1891, 1892.
- O. Hertwig. — Beiträge zur Kenntniss der Bildung Befruchtung und Theilung des thierischen Eies. I, II, III, 1875, 1877, 1878.
- O. Hertwig. Zelle und Gewebe.
- R. Hertwig. — Ueber Kernteilung, Richtungskörperbildung und Befruchtung von *Actinosphärium Eichhorni*.  
Abhandl. der k. bayer. Akad. der Wiss. T. XIX, 3. 1898.
- v. Klinkowström. — Beiträge zur Kenntniss der Eireifung und Befruchtung bei *Prosthecereus vittatus*.  
Arch. f. mikr. Anat. T. 48. 1896.
- v. Kostanecki. — Ueber die Schicksale der Centralspindel bei Karyokinetischer Zelltheilung. Anat. Hefte 1892.
- v. Kostanecki. — Badania nad zapłodnionemi jajami jeżowców.  
Rozpr. Akad. Um. Krak. 1895.
- Kostanecki i Wierzejski. — Ueber das Verhalten der sogen. achromatischen Substanzen zum Protoplasma. Arch. f. mikr. Anat. T. 48, 1896.
- Kostanecki. — Ueber die Gestalt der Centrosomen im befruchteten Seeigellei Anat. Hefte 1896.

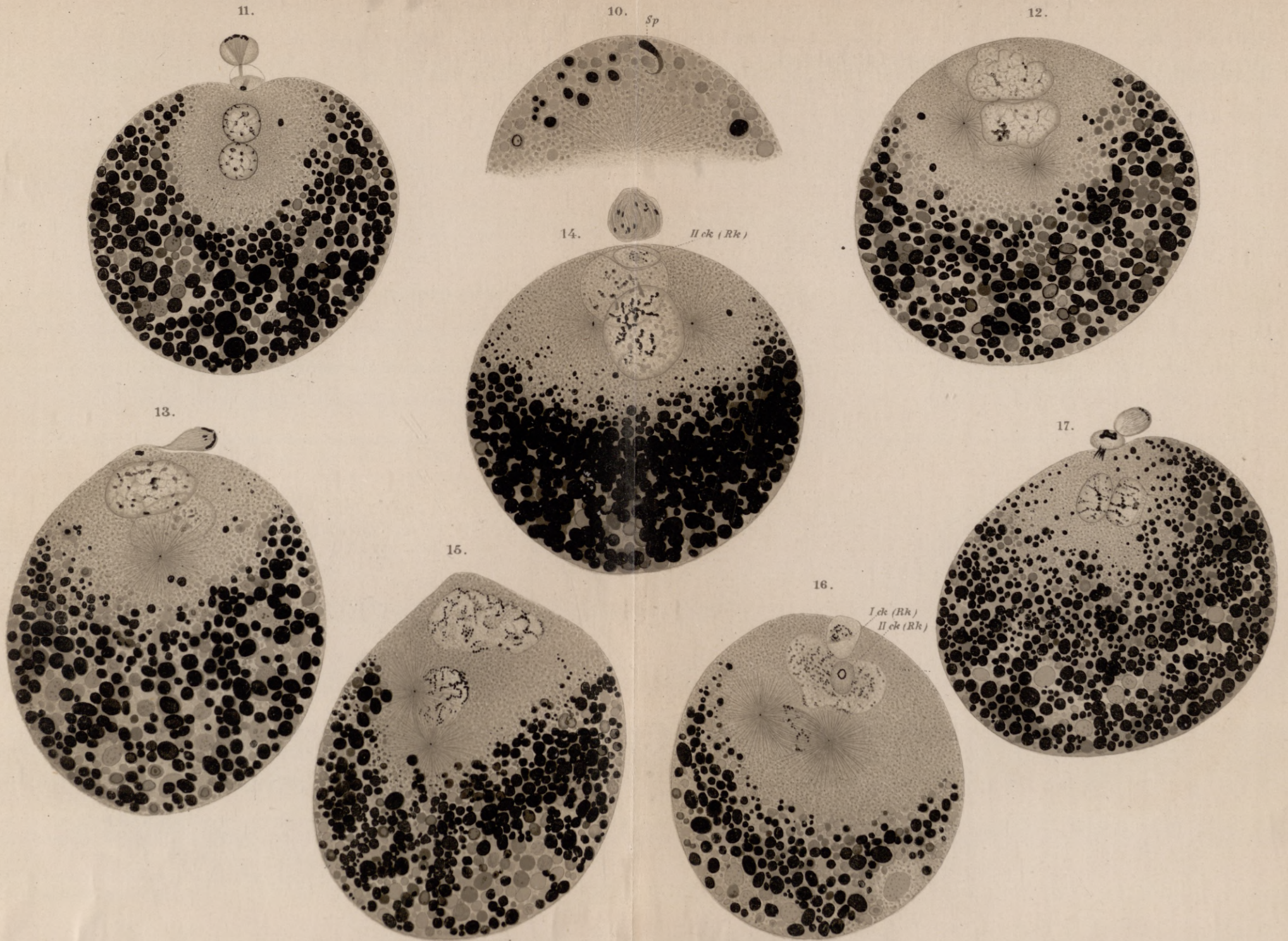


- v. Kostanecki i Siedlecki. — Ueber das Verhältniss der Centrosomen zum Protoplasma. Arch. f. mikr. Anat. T. 48. 1896.
- v. Kostanecki. — Ueber die Bedeutung der Polstrahlung während der Mitose und ihr Verhältniss zur Theilung des Zelleibs. Arch. f. mikr. Anat. T. 49, 1897.
- v. Kostanecki. — Die Befruchtung des Eies von *Myzostoma glabrum*. Arch. f. mikr. Anat. T. 51. 1898.
- Lenssen. — Contribution à l'étude du développement et de la maturation des oeufs chez l'*Hydatina senta*. La Cellule T. XIV, fasc. 2. 1898.
- Leuhossek. — Ueber Spermatogenese bei Säugethieren vorl. Mittheil. Tübingen 1896.
- MacFarland. — Celluläre Studien an Molusken Eiern. Zool. Jahrb. T. X. 1897.
- Mark. — Maturation, fecondation, and segmentation of *Limax campestris*. Bull. of comp. Zool. at Havaord Coll. Cambridge T. VI 1881.
- Mead. — Some observations on maturation and fecondation in *Chaetopterus pergamantaceus*. Jour. of Morphol. T. XI, 1896.
- Mead. — The origin and behavior of the centrosomes in the annelid egg. Journ. of Morphol. T. XIV, 1898.
- Meves. — Ueber Structur und Histogenese der Samenfäden von *Salamandra maculosa*. Arch. f. mikr. Anat. T. 50. 1897.
- Platner. — Ueber die Befruchtung bei *Arion empiricorum* Arch. f. mikr. Anat. T. 27. 1886.
- Rückert. — Die Befruchtung des Selachiereies, Anat. Anz. T. VI. 1891.
- Rückert. — Zur Befruchtung des *Cyclops strenuus*. Anat. Anz. T. X, 1895.
- Sala. — Experimentelle Untersuchungen ueber die Reifung und Befruchtung des Eies von *Ascaris megalocephala*. Arch. f. mikr. Anat. t. 44. 1895.
- Siedlecki. — O budowie leukocytów jaszczurów i podziale ich jąder. Rozpr. wydz. mat. przyrodniczego Akad. Umiej. Kraków. 1895.
- Sobotta. — Befruchtung und Furchung des Eies der Maus. Arch. f. mikrosk. Anat. t. XLVI, 1895.
- v. der Stricht. — De l'origine de la figure achromatique de l'ovule en mitose chez le *Thysanozoon Brocchi*. Verhandl. der anat. Geselsch. auf der Versammlung in Strassburg 1894.
- v. der Stricht. — La maturation et la fécondation de l'oeuf de *l'amphioxus lanceolatus*. Bulletins de l'academie royale de Belgique 3 set. T. XXXI, 1895.
- v. der Stricht. — Anomalies lors de la formation de l'amphiasier de rebut. Bibliographie Anatomique T. IV. 1896.
- v. der Stricht. — La formation des deux globules polaires et l'apparition des spermocentres dans l'oeuf de *Thysanozoon Brocchi*. Archive de Biologie T. XV, 1897.
- Trinchese. — I primi momenti dell'evoluzione nei Molluschi, Atti della R-acad. dei Lincei. Ser. III, t. VII, 1880.
- Vejdowsky. — Enswickelungsgeschichtliche Untersuchungen. Heft I. Reifung und Befruchtung des *Rhynchelmis* Eies. Prag 1888.
- Vejdowsky i Mrazek. — Centrosom und Periplast Eine vorläufige Mittheilung. Sitzungsberichte der Königl. böhmisch. Gesellschaft der Wissenschaften. Mathem. naturwissensch. Classe 1898.







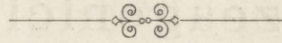








**M heeler.** — The behavior of the centrosomes in the fertilized egg of *Myzostoma glabrum*. *Journal of Morphol.* t. X.  
**Vilson and Mathews.** — Maturation, fertilisation and polarity in the echinoderm egg. New light on the quadrille of the centers 1895.  
**Vilson.** — *Archoplasma*, centrosome and chromatin in the *Seaurchinegg*. *Journal of Morphol.* XI 1895.



nowym produkcie wieszania nieszania

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

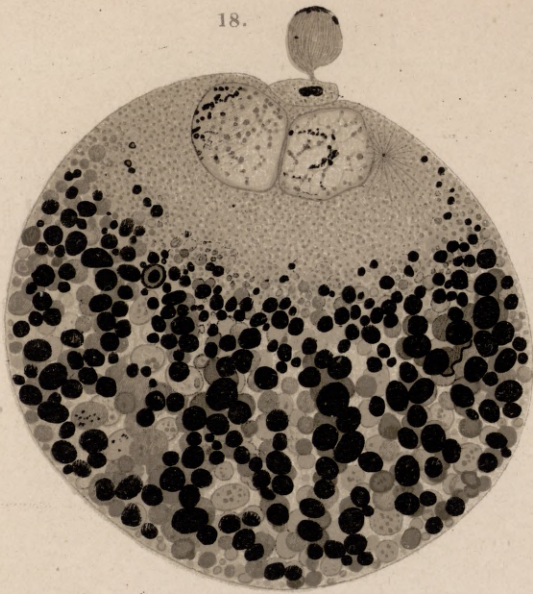
.....



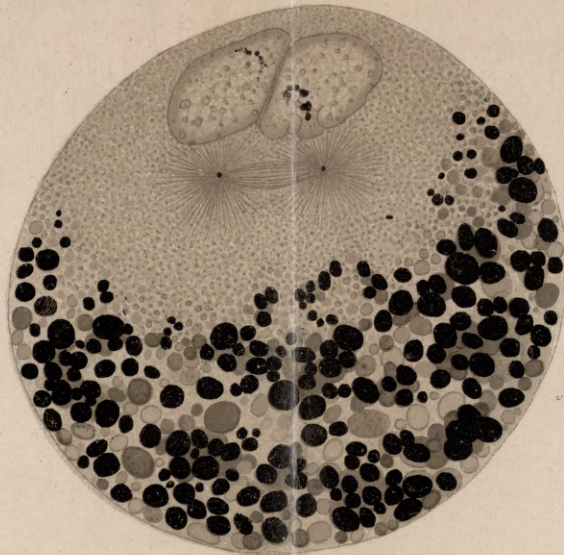




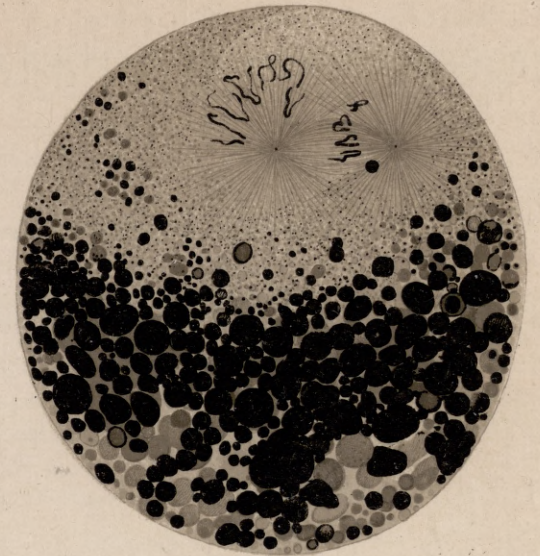
18.



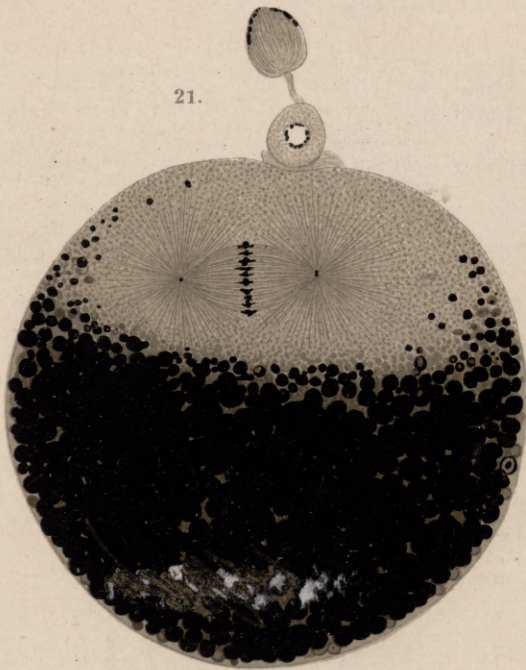
19.



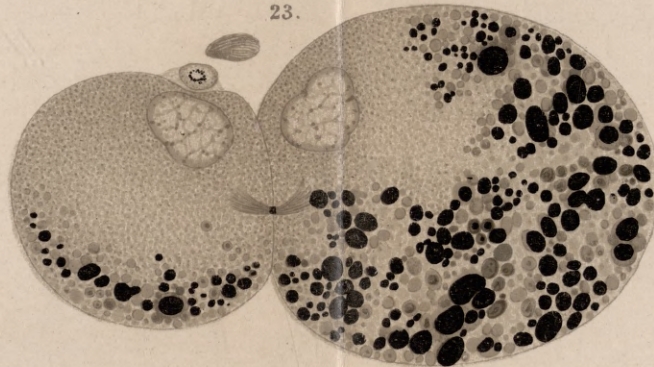
20.



21.



23.



22.



24.

