



Rozwiązanie zadania F 739.
 Parcie wody powoduje, że na klocek, prostopadle do powierzchni styczności z wodą, działa siła

$$F = \frac{\rho_0 g h^2 l}{2 \sin \alpha}$$

Klin będzie w równowadze, jeśli

$$\frac{\rho_0 g h^2 l}{2} = k \left(mg + \frac{\rho_0 g h^2 l}{2} \operatorname{ctg} \alpha \right),$$

stąd

$$k = \frac{\rho_0 g h^2 l}{\rho_0 g h^2 l + 2mg} = 0,1,$$

zatem klocek będzie się poruszał, jeśli $k < 0,1$.



O komórkach macierzystych

Magdalena FIKUS*

W każdej nauce zdarzają się zjawiska, które nie wiadomo, jak opisać i nazwać. Coś takiego właśnie przytrafiło się genetyce.

Zacząć muszę od elementarnej wiedzy o zwierzęcych i ludzkich komórkach macierzystych, najsłynniejszych komórkach świata.

Komórka macierzysta totipotentna, to jest taka, która może przekształcić się w KAŻDĄ zróżnicowaną komórkę ciała – mięśnia, skóry, mózgu, nerki i tak dalej.

Skąd wziąć takie komórki? Gdzie się one znajdują?

Gdy spokojnie pomyśleć, to przychodzi do głowy przede wszystkim, a może jedynie, zapłodniona plemnikiem komórka jajowa. Zarodek (zwierzęcia, człowieka) na najwcześniejszym etapie rozwoju. Z tej zapłodnionej komórki rozwiną się WSZYSTKIE komórki dorosłego osobnika (zwierzęcia, człowieka). Zarodek dwu-, czterokomórkowy to zespół totipotentnych komórek.

W trakcie rozwoju komórki zarodka powoli tracą totipotencję. Po pewnej liczbie podziałów stają się pluripotentne – stanowią początek drogi do wielu zróżnicowanych komórek, ale nie każda do wszystkich. I wreszcie, gdy zwierzę (człowiek) rodzi się – jego komórki budują różne tkanki i narządy, są wyspecjalizowane (nazywamy to zjawisko różnicowaniem) do pełnienia określonych funkcji.

Genetycy w wielu pracach doświadczalnych dowiedli, że cząsteczki, w których zapisana jest genetyczna informacja, DNA, są w każdej komórce danego osobnika takie same. To znaczy, że różnicowaniu zarodka NIE towarzyszy ubytek informacji genetycznej, tylko wyciszanie wybranych jej fragmentów. W komórkach nerki i wątroby znajdują się takie same geny, ale w każdej różnią się aktywnością, tym, czy są wyłączone, czy też włączone. Inne geny zostały wyciszone w wątrobie, inne w nerkach – dlatego ich komórki pełnią różne funkcje.

Skoro komórki zarodka są totipotentne, to powstał pomysł użycia takich komórek w celu doświadczalnego zróżnicowania ich tylko w jednym kierunku, np. komórek nerki. Gdybyśmy to umieli, to w przyszłości może można by w laboratorium medycznym odtworzyć dla chorego z nieodwracalnie uszkodzoną własną nerką, nerkę zdrową. . . I pomysł drugi: można wyobrazić sobie też operację odróżnicowania (odwrócenia procesu różnicowania), która pozwoli uzyskać komórkę pluri- lub nawet totipotentną z wyspecjalizowanej, dorosłej komórki.

* * *

W przypadku człowieka w większości krajów o rozwiniętej cywilizacji technicznej wykorzystanie do badań komórek wczesnego zarodka (a więc uniemożliwienie jego rozwoju) jest zakazane. Dyskusja na temat takich doświadczeń jest dyskusją o panującej etyce i prawodawstwie danego kraju.

Powróćmy jednak do zwierząt. W praktyce jedyną wyobrażalną komórką wyjściową wydawała się komórka jajowa. Zrezygnowano z zapłodnienia, posłużono się natomiast materiałem genetycznym dorosłej komórki. Najsłynniejszym przypadkiem odróżnicowania DNA dorosłych komórek jest owca Dolly. Dolly (5 lipca 1996 – 14 lutego 2003) urodziła się w wyniku następujących zabiegów (w uproszczeniu).

Od owcy pobrano dojrzałą, niezapłodnioną komórkę jajową (oocyt). Z tej komórki, za pomocą precyzyjnego manipulatora, usunięto jądro komórkowe (to jest jądro z pojedynczym zapisem informacji genetycznej, w trakcie zapłodnienia plemnik wnosi drugą kopię i dalej w czasie życia organizmu wszystkie komórki mają już podwojony zapis).

Do oocytu pozbawionego DNA wprowadzono DNA zróżnicowanej komórki innej odmiany owcy. Tak zmieniony oocyt poddano pewnym zabiegom o charakterze

*Instytut Biochemii i Biofizyki PAN,
 Festiwal Nauki

fizyko-chemicznym (m.in. impuls pola elektrycznego). Komórka zaczęła się dzielić. Po paru podziałach taką grupę komórek (zarodek??) wszczepiono trzeciej owcy. W odpowiednich warunkach owca stała się brzemienna.

Po około 300 próbach tego rodzaju narodziła się Dolly. Dolly była widowym dowodem na istnienie pełnego zestawu genów w zróżnicowanej komórce i na możliwość ich odróżnicowania. Co musi się stać w czarnej skrzynce, którą stanowi oocyt po manipulacji, aby cały zabieg się udał, jest przedmiotem intensywnych badań. Że mało o tym wiemy, świadczy niezmiernie niska wydajność tych ludzkich zabiegów, procesu, który nazywamy **klonowaniem**. Genetycznie Dolly była identyczna z dawczynią jądra zróżnicowanej komórki, razem stanowiły klon (grupa organizmów identycznych genetycznie). W pewnym sensie Dolly miała trzy matki.

Tego typu klonowanie udało się w przypadku pewnej liczby gatunków: sklonowano psa, kota, muła, konia, krowę, świnię. Taki zabieg nie udał się dla hominidów, w stosunku do człowieka jest zakazany i prawdopodobnie tą techniką by się nie udał.

Po narodzeniu Dolly wysunięto hipotezę, że klonowanie można zatrzymać na etapie kilkudziesięciu komórek (zarodka?) i zacząć badać użyteczność medyczną poszczególnych takich komórek. Takie postępowanie nazwano klonowaniem terapeutycznym. Powstaje natychmiast pytanie filozoficzne: czy będziemy niszczyć zarodek? Chyba tak, skoro urodziła się Dolly wtedy, kiedy nie przerywaliśmy klonowania. Jeżeli tak, to zastrzeżenia etyczne sformułowane brutalnie (zabijanie zarodka, nawet niektórzy mówią: dziecka) są nadal w mocy. Klonowania terapeutycznego w stosunku do człowieka należy zakazać.

Dawno znane zjawisko komórek macierzystych krwi podsunęło badaczom jeszcze inne pomysły. Wśród komórek, które stale w czasie naszego życia wytwarza szpik kostny, niewielką frakcją stanowią komórki macierzyste szpiku. Może z nich powstać każda ze zróżnicowanych komórek krwi (erytrocyt, wiele typów limfocytów). Patrząc na konkretną komórkę macierzystą szpiku, nie wiemy, w jaką przemieni się komórkę krwi – nie znamy sygnałów do takich przekształceń. Wiedząc o tym, zaczęto poszukiwać innych komórek macierzystych w dorosłych tkankach, w mięśniach, mózgu, tkance tłuszczowej, nawet w żywych zębach. W niektórych znaleziono, zawsze w małej proporcji. Nie jest jasne, czy będziemy umieli przekształcać je w inne komórki zróżnicowane, niż dyktuje to tkanka, w której je znaleziono. Nie jest jasne, czy byłyby one bezpieczne w zastosowaniu do leczenia wielu chorób degeneracyjnych lub genetycznych.

* * *

Biolodzy i lekarze uzyskali wiele informacji medycznych, badając zwierzęta: myszy, koty, szczury, psy. Niemniej jednak, jeżeli myślimy o terapii, zawsze musi się dojść do prób (doświadczeń) na chorych ludziach. Jak zbliżyć się, wobec tych zakazów, do możliwości wykorzystania

ludzkich komórek w ustaleniu całej metodyki dla przyszłych osiągnięć medycyny?

W tym momencie mogę już wskazać zjawisko, które nie wiem, jak opisać i nazwać.

Bardzo łatwo i w dużych ilościach, dzięki istnieniu zwyczaju jedzenia przez nas wołowiny, można otrzymać praktycznie nieograniczoną liczbę oocytów bydłych. Wyobraźmy więc sobie, że z takim oocytem powtarzamy drogę klonowania Dolly. Usuwamy jego DNA, a wprowadzamy DNA... ludzki! Komórki zaczynają się dzielić. Co nam rośnie w laboratorium???

Wielki polski pisarz, Tadeusz Konwicki, napisał kiedyś książkę *Zwierzoczekoupiór*. Nie chodziło w niej o straszną hybrydę zarodkową, ale nazwa jest chyba dość adekwatna. W Wielkiej Brytanii udzielono już zezwolenia na tworzenie dla celów badań medycznych hybryd ludzko-zwierzęcych. Badacze twierdzą, że doprowadzą jedynie do kilkudziesięciu komórek i zaczną je badać osobno, jako wyjściowe do różnicowania w rozmaite tkanki. Nie będą ich stosować w terapii, tylko się będą uczyć takiego klonowania, a ta nauka może się kiedyś przydać i medycynie.

* * *

Jeżeli wszystkie komórki ciała mają tę samą informację genetyczną co komórki wczesnego zarodka, to może udałoby się cofnąć całą dowolnie wybraną zróżnicowaną komórkę, odróżnicować ją do stadium totipotencji i także nauczyć się różnicowania w dowolne komórki organizmu. Z odróżnicowanej komórki skóry stworzyć komórki nerki...

Bardzo niedawno (listopad 2008) pojawiły się pierwsze prace, opisujące doświadczenia początkowo robione na myszach, a potem też na komórkach ludzkich, hodowanych w laboratorium, poza organizmem. Są to komórki dojrzałe, zróżnicowane, niosące podwójny zapis genowy (nie jest potrzebny oocyt ani plemnik). Po wprowadzeniu do tych komórek, w odpowiednich warunkach, odpowiednio dobranych ludzkich genów i pewnych niskocząsteczkowych związków, które można by nazwać lekami, następuje odróżnicowanie tych komórek, nabierają one cech totipotencji. W tym doświadczeniu już nie można mówić o żadnych zarodkach i ich zabijaniu: nie było oocytu, zapłodnienia, przeniesienia jądra, klonowania...

Z tych dziwnych historii płynie niejeden morał.

- Człowiek będzie zadawał pytania i przez naukę szukał na nie odpowiedzi. W tym dążeniu, póki jest człowiekiem, nie można go zatrzymać.
- Człowiek, ponieważ jest człowiekiem, poza urokiem odkrycia dotychczas niemożliwych lub nieznanymi procesów i zjawisk, będzie zawsze rozważał ich implikacje filozoficzne.
- Ewentualne konsekwencje tych ostatnich zmodyfikują te pierwsze. Trzeba i działać, i myśleć, lepiej jeśli najpierw myśleć.

A biologia jeszcze nie raz nas zadziwi nieskończenie...