

Ks. Piotr Wójcik
Drohiczyn

Klonowanie i partenogeneza – alternatywa dla rozmnażania tradycyjnego?

Cloning and parthenogenesis – an alternative to traditional breeding?

Słowa kluczowe:

chromosomy, embrion, klonowanie, partenogeneza

Key words:

chromosomes, embryo, cloning, parthenogenesis

Abstract

Successfully completed experiments in the field of in vitro fertilization pushed the scientists to look for the ways to cross the barriers in the area of reproduction. Such phenomena as cloning and parthenogenesis became the subject of interests for scientists. In the light of the tests performed in laboratories and their efficiency, the question of real use of single-sex fertilization seems to be well grounded. We can therefore ask if, from a scientific point of view, it is possible for women to breed without men's involvement?

This article discusses the dilemmas connected with cloning. It presents kinds and ways of cloning and the attempts made of such a procedure in reference to human beings. Parthenogenesis is another phenomenon and the possibility to use it as an alternative form of breeding or getting embryonic stem cells.

Wstęp

Polski film w reżyserii Juliusza Machulskiego „Seksmisja” przedstawia świat pozbawiony mężczyzn. W humorystyczny sposób obrazuje metodę rozmnażania człowieka bez udziału rodzaju męskiego. Inna, amerykańska produkcja pt. „Wyspa” w reżyserii Michaela Baya ukazuje proces klonowania ludzi na skalę przemysłową i wykorzystania ich jak swoistą polisę na życie. Istota ludzka powstała w procesie klonowania czy partenogenezy, hodowana w sztucznych macicach wydaje się nam czymś niewyobrażalnym. Dla współczesnej nauki to co dla nas wydaje się czystą, filmową fikcją staje się celem.

Dzięki szybkiemu postępowi w dziedzinie medycyny i biologii, dziś wiemy dużo więcej o procesie rozmnażania człowieka. Rozwój techniczny umożliwił badanie i analizowanie ludzkich gamet. Potrafimy w sztuczny sposób odtworzyć i kontrolować proces zapłodnienia komórki jajowej przez plemnik. Intensywność badań przeprowadzanych na polu sztucznej prokreacji jest niebywale wysoka. Eksperymenty zakończone powodzeniem w dziedzinie zapłodnienia *in vitro* pchnęły środowisko naukowców do szukania sposobów przekraczania nowych barier w sferze reprodukcji. Przedmiotem zainteresowań uczonych stały się takie zjawiska jak klonowanie czy partenogeneza. W świetle prowadzonych badań i ich efektywności pytanie postawione w tytule niniejszego wystąpienia zdaje się być zasadne. Można zatem pytać czy z naukowego punktu widzenia istnieje taka możliwość by kobiety rozmnażały się bez udziału mężczyzn? Jakie są możliwości reprodukcyjne bez udziału męskich gamet?

1. Czy mężczyznom grozi wyginięcie?

Profesor Jennifer Graver z Australian National University w Canberze twierdzi, że mężczyźni są zagrożeni wyginięciem, ponieważ ilość ich genów kurczy się i stopniowo zanika. Badaczka uznaje, że męski chromosom Y może całkowicie zaniknąć w ciągu pięciu milionów lat. Profesor Graver przypuszcza, że nie musi się to wiązać z całkowitą zagładą płci męskiej, ludzie mogą bowiem pójść w ślady pewnych gryzoni, które rozmnażają się pomimo braku genów, składających się na chromosom Y. Chromosom Y warunkuje męską płć potomka. Trzysta milionów lat temu, chromosom Y miał około 1.400 genów, obecnie ma ich zaledwie 45, przy takiej prędkości zmian, geny chromosomu Y wyczerpią się za około 5 milionów lat.

Męski chromosom Y zawiera gen (SRY), który uruchamia rozwój jądra komórkowego i wpompowuje w nie hormony determinujące męskość. Badaczka stwierdziła, że konsekwencje ewentualnego zniknięcia chromosomu Y nie są obecnie znane¹.

Naukowcy z Massachusetts na czele z Jennifer Hughes wysnuwają odmienne wnioski niż profesor Graver. Porównali bowiem nasz genom z genomem rezusa oraz szympansa i udowodnili, że do tego drastycznego spadku liczby genów doszło już bardzo dawno temu i od milionów lat nasz chromosom Y nie ulega dalszym degradacjom. Badania pokazały, że chromosom Y rezusa zawiera 20 genów identycznych z chromosomem X, 19 z nich to geny identyczne z tymi, które mamy w ludzkim chromosomie Y. Ponieważ drogi małp i człowieka rozeszły się około 25 milionów lat temu, można ocenić, że chromosom Y zachowuje się stabilnie².

W świetle przeprowadzonych badań można wysnuć wniosek, że płci męskiej nie grozi wyginięcie jeśli chodzi o chromosom Y. Niemniej w świecie przyrody obserwujemy sposoby rozmnażania, które nie wymagają zaangażowania obu płci. Do takich zjawisk można zaliczyć klonowanie czy partenogenezę. Naukowcy poznali mechanizmy rządzące tymi sposobami prokreacji i w warunkach laboratoryjnych starają się je odtwarzać.

2. Czy klonowanie pozwoli rodzajowi żeńskiemu na samodzielną prokreację?

W naturze zjawisko klonowania jest procesem powszechnym. W świecie roślin jak i zwierząt istnieją organizmy rozmnażające się w sposób aseksualny. W świecie ssaków proces monogenezy nie występuje. Nie oznacza to jednak, że klony u ssaków nie są obecne; tworzą się one u niektórych gatunków podczas rozwoju zarodkowego, na skutek podziału jednego zarodka na dwa lub więcej zarodków, czego konsekwencją jest powstanie grupy identycznych genetycznie osobników. Zjawisko to występuje u wielu gatunków zwierząt, szczególnie często u owadów z rodziny gąsieniczników (rząd błonówki – *Hymenoptera*), u których z jednego zarodka powstaje kilkaset zarodków potomnych.

U ssaków jest to zjawisko rzadsze, tym niemniej jednak bliźnięta jednojajowe (klony zarodkowe) pojawiają się u wielu gatunków, a jednoja-

¹ Por. J. Graver, *The rise and fall of SRY*, 5 (2002) Trends in Genetics, s. 259-264.

² Por. J. F. Hughes, H. Skaletsky, T. Pyntikova, P. J. Minx, T. Graves, S. Rozen, R. K. Wilson, D. C. Page, *Conservation of Y-linked genes during human evolution revealed by comparative sequencing in chimpanzee*, 437 (2005) Nature, s. 101-104.

jowe (monozygotyczne) wieloraczki rodzą się u wielu gatunków pancerników (*Dasypodiadae*) z rodzaju *Dasypus*. U pancernika (*Dasypus novemcinctus*) z jednego zarodka w stadium blastocysty w wyniku podziału tarczki zarodkowej powstają cztery osobniki, natomiast u innego gatunku – *Dasypus hybridus* – w wyniku tego procesu rodzi się w każdym miocie od 8 do 12 identycznych genetycznie osobników, co jest prawdopodobnie najliczebniejszym klonem, jaki może powstać spontanicznie u ssaków³.

Jacek A. Modliński uważa, że u człowieka powstanie jednojajowych klonów zarodkowych (monozygotycznych) nie jest również zjawiskiem odosobnionym. Bliźnięta jednojajowe występują najczęściej: 3-4 na 1.000 porodów. Liczebniejsze klony są znacznie rzadsze, a częstotliwość ich występowania zależy w dużym stopniu od rejonu świata. Monozygotyczne trójaczki pojawiają się z częstotliwością 11-28 na 1.000.000 porodów, zaś czworaczki jednojajowe z częstotliwością 3-4 na 10.000.000 porodów. Dotychczas potwierdzono naukowo tylko jeden przypadek pięcioraczek jednojajowych. Były to siostry Dionne urodzone w Kanadzie w połowie lat trzydziestych ubiegłego wieku. Był to najprawdopodobniej najliczniejszy klon człowieka⁴.

2.1. Rodzaje klonowania

Możemy wyróżnić dwa typy klonowania: klonowanie zarodkowe, w którym przedmiotem klonowania jest przedimplantacyjny zarodek, złożony z niezróżnicowanych, totipotentnych komórek zarodkowych (blastomerów)⁵ oraz klonowanie somatyczne, w którym obiektem klonowania są zaawansowane w rozwoju płody lub osobniki dorosłe zbudowane z różnego rodzaju tkanek złożonych (z wyjątkiem linii płciowej) ze zróżnicowanych komórek somatycznych.

³ Por. J.A. Modliński, J. Karasiewicz, *Klonowanie ssaków mity i rzeczywistość*, w: B. Chyrowicz (red.), *Klonowanie człowieka. Fantazje – zagrożenia – nadzieje*, Lublin 1999, s. 25-26.

⁴ Por. J. A. Modliński, *Biologiczne aspekt klonowania człowieka*, 2 (2004) *Studia Bobolanum*, s. 10; P. Vezzoni, *Si può clonare un essere umano?*, Roma-Bari 2003, s. 43.

⁵ Por. G. M. Carbone, *Le cellule staminali, Che cosa sono? A cosa Servono? E lecito usarle?*, Bologna 2005, s. 7-9.

2.2. Klonowanie zarodkowe

W ramach klonowania zarodkowego można wytypować następujące sposoby:

- a) Klonowanie zarodków metodą izolacji blastomerów – polegające na usunięciu osłonki przejrzystej zarodka gdy występuje on w stadium 4-komórkowym – składa się z 4 blastomerów (wykorzystywane też są czasami zarodki składające się z 2, lub 8 blastomerów), a następnie umieszczeniu ich w pożywce pozbawionej jonów magnezu i wapnia, co powoduje osłabienie połączeń pomiędzy blastomerami i rozdzielenie się. Następnie rozdzielne blastomery hoduje się w warunkach *in vitro* do momentu uzyskania przez nie stadium moruli lub blastocysty. Potem wszczepia się je do macicy samicy-biorcy⁶.
- b) Klonowanie zarodków metodą dzielenia (bisekcji) – polega na przecięciu zarodków występujących w stadium moruli lub blastocysty odpowiednio przygotowanym skalpelem. Jest to zabieg stosunkowo prosty, dzieli się zarodek na dwie równe części, i po krótkiej hodowli *in vitro* przeszczepia się je do samic-biorczyń.

Ograniczeniem tej metody jest możliwość uzyskania tylko dwóch identycznych genetycznie osobników – dzielenie zarodka na 3, 4 i więcej części nie przynosiło rezultatów⁷.

- c) Klonowanie zarodków metodą agregacji blastomerów (klonowanie chimerowe)⁸. Jedną z metod otrzymywania chimer wypracował Andrzej

⁶ Por. A. K. Tarkowski, J. Wróblewska, *Development of Blastomeres of Mouse Eggs Isolated AT the 4 – and 8 – cell Stage*, 18 (1967) *Journal of Embryology and Experimental Morphology*, s. 155-180.

⁷ Por. S. M. Willadsen, H. Lehen – Jensen, C. B. Fehilly, R. Newcomb, *The production of Monozygotic Twins of Preselected Parentage by Micromanipulation of Non-surgically Collected Embryos*, 15 (1981) *Theriogenology*, s. 23-27; M. Skrzyszkowska, Z. Smorąg, *Biotechnologia rozrodu zwierząt gospodarskich. Stan badań nad możliwościami praktycznego zastosowania. Materiały Konferencji Naukowej*, Balice 1997, s. 13-15.

⁸ „Organizmem chimerycznym, czyli chimerą, określa się w biologii rozwoju organizm złożony z komórek pochodzących z dwóch lub więcej organizmów i różniących się tym samym zarówno pod względem genetycznym, jak i fenotypowym. Chimerą określa się najczęściej osobnika uzyskanego przez łączenie w okresie przedimplantacyjnym komórek zarodkowych pochodzących z zarodków otrzymanych od dwóch, lub więcej par rodzicielskich”, Modliński J. A., Karasiewicz J., *Klonowanie ssaków: mity i rzeczywistość*, w: B. Chyrowicz (red.), *Klonowanie człowieka. Fantazje – zagrożenia – nadzieje*, Lublin 1999, s. 42.

Tarkowski⁹. Polegała ona na agregacji dwóch lub więcej zarodków liczących od dwóch do kilkunastu komórek. Metodą agregacji zarodków można uzyskać chimery nie tylko z całych zarodków, ale również z blastomerów izolowanych z różnego typu zarodków, co zostało właśnie wykorzystane w metodzie klonowania chimerowego.

- d) Spośród wszystkich sposobów klonowania ssaków największe zainteresowanie wzbudza technika klonowania metodą transplantacji jąder komórkowych. Wiąże się to z faktem, iż jest to jedyna metoda pozwalająca na uzyskanie u ssaków klonów liczących wiele osobników, a także jedyna metoda umożliwiająca sklonowanie płodów i dorosłych osobników ssaków.

Metoda ta polega na zastąpieniu materiału genetycznego oocyta materiałem genetycznym pochodzącym z komórek zarodków, z pierwotnych komórek zarodkowych, z różnego rodzaju hodowanych *in vitro* komórek pochodzenia zarodkowego, komórek płodowych, a także z komórek osobników dorosłych. Jest to zabieg kilkustopniowy, związany z koniecznością użycia czterech technik:

- Usuwania wrzeciona II podziału mejotycznego z owulowanego oocyta. Zabieg ten określa się mianem wyjądrzenia lub enukleacji oocytów (komórek – biorców).
- Uzyskiwania dawców jąder komórkowych, które będą wprowadzone do enukleowanych oocytów (komórek – biorców).
- Wprowadzenie jąder komórkowych do enukleowanych oocytów.
- Aktywacji zrekonstruowanych oocytów, komórek – biorców jąder¹⁰.

W przypadku klonowania zarodkowego, niezależnie od zastosowanej metody klonowania, uzyskane elementy klonu są identyczne względem siebie, ale nie identyczne względem swoich genetycznych rodziców. Nie jest więc możliwe uzyskanie genetycznych kopii organizmów rodzicielskich. Klonowanie zarodkowe wiąże się nadto z unicestwieniem klonowanego zarodka, gdyż z reguły jego wszystkie elementy składowe (blastomery), zostają wykorzystane w procesie klonowania. Jest to więc, w stosunku do określonego zarodka, zabieg jednorazowy. Wobec ściśle ograniczonej liczby blastomerów (od kilku do kilkudziesięciu) tworzących klonowany za-

⁹ Por. A. K. Tarkowski, *Mouse Chimaeras Developed from Fused Eggs*, 190 (1961) *Nature*, s. 857-860.

¹⁰ Por. J. A. Modliński, *Mikromanipulacje na gametach i zarodkach ssaków*, w: L. Zwierzchowski (red.), *Biotechnologia zwierząt*, Warszawa 1997, s. 353-430; M. L. Di Pietro, E. Sgreccia, *Procreazione assistita e fecondazione artificiale tra scienza, bioetica e diritti*, Brescia 1999, s. 111.

rodek i przy osiągniętej obecnie wydajności klonowania zarodkowego (od 10 do 25%) liczba uzyskiwanych klonów waha się zwykle od dwóch do siedmiu. W sporadycznych przypadkach uzyskiwano kilkanaście klonów i to jedynie u bydła¹¹.

2.3. Klonowanie somatyczne

W klonowaniu somatycznym, w którym stosuje się wyłącznie technikę transplantacji jąder komórkowych do enukleowanych oocytów MII (tzn. oocytów owulacyjnych lub dojrzewających *in vitro*, zatrzymanych w metafazie II podziału mejotycznego), dawcami jąder są komórki somatyczne pochodzące z różnych tkanek. W klonowaniu somatycznym, w przeciwieństwie do klonowania zarodkowego, dostęp do komórek – dawców jąder jest praktycznie nieograniczony. Komórki – dawcy jąder pochodzą z tkanek płodowych, tkanek osobników dorosłych lub też hodowanych *in vitro* linii komórkowych.

Jądro wprowadzone do oocyty, niezależnie od tego, czy jest to jądro plemnika, czy zostało dostarczone na drodze fuzji komórkowej w procesie klonowania somatycznego, podlega zmianom wyglądu oraz zmianom biochemicznym analogicznym do tych, jakie zachodziłyby we własnym jądrze oocyty. Należy podkreślić, iż mimo usunięcia własnego jądra oocyty-biorcy, co następuje przed wprowadzeniem obcego jądra, cytoplazma komórki biorcy zachowuje własności narzucające jądro wprowadzanemu stan taki, jaki miałoby jej własne jądro w tym samym momencie cyklu komórkowego¹².

Tak więc w klonowaniu somatycznym po wprowadzeniu jądra do wyjądrzonego oocyty zahamowanego w metafazie, zanika otoczka jądra wprowadzanego i wyodrębniają się chromosomy. Proces ten, w odróżnieniu od metafazy normalnej (tzn. zachodzącej we właściwym momencie cyklu komórkowego), nosi nazwę przedwczesnej kondensacji chromosomów (premature chromosome condensation – PCC).

¹¹ Por. J. A. Modliński, K. Piotrowska, J. Karasiewicz, *Klonowanie ssaków metodą seryjnej transplantacji jąder komórkowych*, Prace i Materiały Zootechniczne 57 (2000), s. 78.

¹² Por. J. A. Modliński; J. Karasiewicz; Z. Boryszko; W. Karczewski; J. Jędruch; M. Witkowski; A. Guskiewicz, *Odstęp czasu między aktywacją oocyty a wprowadzeniem jądra komórkowego wpływa na rozwój rekonstruowanych oocytów owcy*, 57 (2000) Prace i Materiały Zootechniczne, s. 98.

W procesie klonowania somatycznego enukleacja oocytu polega na mikrochirurgicznym usunięciu z nich chromosomów ułożonych w płycie metafazowej II podziału mejozy.

Natomiast wprowadzenie jąder komórkowych do enukleowanych oocytów przeprowadzić można metodami niechirurgicznymi – polegającymi na połączeniu się (fuzji) komórki dawcy jądra z oocytem – oraz metodą chirurgiczną, polegającą na wprowadzeniu jądra bezpośrednio do cytoplazmy oocytu.

Aby proces klonowania zakończył się powodzeniem oocyty z wprowadzonym jądrem, muszą być następnie pobudzone do rozwoju. Pobudzenie czyli aktywacja, jest sprawą nieodzowną do dalszego ich rozwoju. W warunkach naturalnych, rolę czynnika aktywującego oocyt spełnia plemnik, który wnosi również do oocytu męski materiał genetyczny. Rekonstruowane oocyty muszą być natomiast pobudzone do rozwoju w sposób sztuczny¹³.

W tym celu stosowane są zarówno bodźce fizyczne takie jak: impulsy prądu elektrycznego, jak również bodźce chemiczne takie jak: etanol, jony stronu lub tak zwane jonofory wapniowe. W przeciwieństwie do klonowania zarodkowego, w którym jądra komórek zarodkowych wprowadzane są zazwyczaj do uprzednio aktywowanych oocytów (pre-aktywacja), w klonowaniu somatycznym jądra komórkowe wprowadza się do oocytów nieaktywowanych¹⁴.

Takiej to właśnie metody klonowania użył Ian Wilmut w procesie klonowania owiec. Doprowadził on do narodzin owcy Dolly¹⁵. Był to pierwszy ssak powołany do życia metodą transferu jądra komórki somatycznej dorosłego osobnika do enukleowanego oocytu. Ian Wilmut chcąc sklonować owcę potrzebował czterech osobników żeńskich. Od pierwszej owcy rasy Scottish Blackface pobrano oocyty, w 28-33 godzin po podaniu wcześniej hormonu uwalniającego gonadotropinę. Następnie usunięto jądro z własną informacją genetyczną tak szybko jak to było możliwe. Z owcy drugiej, która w ostatecznym efekcie zostanie sklonowana, wycięto fragment gruczołu mlekowego, czyli partię komórek somatycznych. Po przeprowadzeniu procesu klonowania powstałe embryony przeniesiono do matek zastępczych (owca trzecia), które miały pełnić formę inkubatora stwarzają-

¹³ Por. J. A. Modliński, *Biologiczne aspekty klonowania człowieka*, s. 8.

¹⁴ Por. J. A. Modliński, J. Karasiewicz, *Klonowanie somatyczne ssaków*, 5 (2001) *Medycyna Wieków Rozwojowych*, Suplement I, s. 14-15.

¹⁵ Por. I. Wilmut, A. E. Schnieke, J. McWhir, A. J. Kind, K. H. S. Campbell, *Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells*, 385 (1997) *Nature*, s. 810-813.

cego naturalne warunki do rozwoju embrionów. Po 6 dniach wyplukano 247 zarodków, z których 29 było w stadium moruli lub blastuli. Wszystkie 29 zarodków z podwiązanych jajowodów owiec biorczyń pośrednich transplantowano po 2 lub 3 do 13 owiec biorczyń ostatecznych (owca numer 4). U jednej z nich stwierdzono ciążę, która zakończyła się pomyślnym urodzeniem owieczki, nazwanej Dolly. Testy DNA wykazały, że jej materiał genetyczny jest identyczny jak komórek gruczołu mlekowego pobranych z owcy numer 2. W doświadczeniu przeprowadzanym przez Wilmuta zostały wykorzystane tylko osobniki żeńskie.

Gdyby ten proces zastosować wobec człowieka to kobiety mogłyby dokonywać klonowania samych siebie i urodzić swojego kлона. Taka kobieta byłaby wtedy zarówno matką jak i siostrą bliźniaczką urodzonego dziecka. Wystarczyło aby pobrać od niej znaczną ilość komórek jajowych oraz jądra komórek somatycznych np. skóry, poczym przeprowadzić procedurę klonowania.

Choć metoda wydaje się stosunkowo prosta taką nie jest. Efektywność takiego procesu reprodukcji jest niska i obarczona wysokim ryzykiem anomalii rozwojowych. Niemniej naukowcy dokonali już szeregu pomyślnych sklonowań wśród ssaków. Współczesny świat ostrożnie podchodzi do tej metody jeśli chodzi o zastosowanie jej u ludzi w celach reprodukcyjnych. Obecnie jest ona zakazana. Jednakże w wielu krajach na świecie ustawodawcy pozwalają na prowadzenie „klonowania terapeutycznego”, czyli dla celów badawczych oraz pozyskiwania komórek macierzystych embrionalnych. Przykładem może tu być np. Wielka Brytania¹⁶. Umożliwienie klonowania do celów medycznych otwiera możliwość doskonalenia tej metody. Być może kiedy naukowcy ogłoszą, że jest ona na tyle bezpieczna by zastosować ją u ludzi, będzie możliwość stosowana jej w reprodukcji człowieka¹⁷.

Znaczna część środowiska naukowego i politycznego uważa, iż próby klonowania reprodukcyjnego człowieka nie powinny być podejmowane. Mimo to niektórzy badacze deklarują swój zamiar przeprowadzenia eksperymentów zmierzających do wykorzystania techniki w odniesieniu do ludzi. Jednym z nich jest pochodzący z Cypru Amerykanin Panyiotis Zavos, który wraz z Włochem Severino Antinorim ogłosił w 2001 roku gotowość stosowania klonowania reprodukcyjnego w celu zapewnienia potomstwa osobom

¹⁶ HFEA grants the first therapeutic cloning licence for research, <http://www.hfea.gov.uk/758.html> [02.10.2014].

¹⁷ Por. P. Wójcik, *Lo statuto dell'embrione e le sue conseguenze etiche nel contesto della clonazione nella letteratura bioetica polacca*, Roma 2012, s. 47-48.

cierpiącym z powodu niepłodności¹⁸. Na początku roku 2004 Zavos oświadczył, iż dokonał transferu sklonowanego embrionu ludzkiego powstałego z komórki jajowej uzyskanej od trzydziestopięcioletniej pacjentki i jądra komórki pochodzącej ze skóry jej niepłodnego męża¹⁹. W wyniku tych doświadczeń nie doszło do rozwoju ciąży²⁰. Opis doświadczenia został zamieszczony w sierpniu 2006 roku na łamach czasopisma naukowego „Archives of Andrology”²¹. Jak dotąd nie udowodniono naukowo narodzin ludzkiego klonu. Można przypuszczać, że choć w świecie zwierząt udało się doprowadzić do narodzin klonów to jednak niedoskonałość tej metody reprodukcji oraz towarzyszące jej anomalie rozwojowe na długo jeszcze nie pozwolą kobietom rozmnażać się w ten sposób.

3. Czy partenogeneza to droga do rozmnażania jedнопłciowego u ludzi?

Jedną z form klonowania jest partenogeneza określana również jako dzieworództwo. Zjawisko to może występować u stawonogów, a także u niektórych gatunków płazów, ryb i ptaków. Bodźcem do takiego sposobu rozmnażania jest często brak osobników odmiennej płci²². U ssaków w naturalnych warunkach nie obserwuje się rozrodu partenogenetycznego. W normalnej reprodukcji, komórki jajowe odrzucają połowę swojego materiału genetycznego w trakcie przygotowania do przyjęcia genów męskich z plemnika. W celu otrzymania zarodków partenogenetycznych, komórki jajowe są hodowane w laboratorium w taki sposób, że zostawia się im wszystkie chromosomy. Następnie wymusza się ich podział poprzez wstrząs elektryczny. Pod wpływem bodźca komórka zachowuje się jakby była zapłodniona. Impuls działa na zewnętrzną membranę naśladując efekt jaki wywołuje wniknięcie plemnika²³.

Nie jest to jednak proces łatwy do odtworzenia w warunkach laboratoryjnych jeśli chodzi o ssaki. Natura bowiem dąży do różnicowania gene-

¹⁸ Por. D. Josefson, *Scientists plan human cloning in the United States*, 322 (2001) British Medical Journal, s. 315.

¹⁹ Por. S. Mayor, *Claim of human reproductive cloning provokes calls for international ban*, 328 (2004) British Medical Journal, s. 185.

²⁰ Por. J. Piasecki, *Etyka i klonowanie człowieka*, w: J. Różyńska, W. Chańska (red.), *Bioetyka*, Warszawa 2013, s. 409.

²¹ Por. P. Zavos, *Possible therapy of male infertility by reproductive cloning: one cloned human 4-cell embryo*, 52 (2006) Archives of Andrology, s. 243-254.

²² Por. M. Wegnez, *Clonazioni. L'individuo, le cellule e i geni*, Bari 2007, s. 45.

²³ Por. G. Kolata, *Klon. Dolly była pierwsza*, Warszawa 2000, s. 67; M. Machinek, *Spór o status ludzkiego embrionu*, Olsztyn 2007, s. 116-117.

tycznego²⁴. Dlatego też w procesie gametogenezy czyli powstawania komórek rozrodczych geny zawarte w ich jądrach komórkowych podlegają zjawisku imprintingu genetycznego, który zapewnia, że zarówno geny matki i ojca muszą zostać wykorzystane, jeżeli rozwój embrionu ma być pełny²⁵. Imprinting ma związek ze zróżnicowaną metylacją, czyli inaktywacją odcinków DNA w chromosomach matki i ojca. Genomy komórki jajowej i plemnika zostają różnie metylowane, czyli otrzymują różny marker w procesie gametogenezy i różnią się w zygocie gdy łączą się po zapłodnieniu²⁶. Natychmiast po zapłodnieniu, ojcowski genom, pochodzący z plemnika, zostaje całkowicie demetylowany, podczas gdy genom matczyny podlega tylko częściowej demetylacji w ciągu następnych kilku dni następujących po sobie podziałów komórkowych. Dzieje się tak, ponieważ genom komórki jajowej, znajduję się w stadium chromatyny i jest odporny na aktywny proces demetylacji narzucony genomowi spermy przez cytoplazmę oocytu. W konsekwencji markery metetylacji dwóch rodzicielskich genomów są różne pod koniec podziału. Imprinting jest procesem o wielkim znaczeniu ponieważ dziedziczenie dwóch kopii danego chromosomu od jednego rodzica i żadnej od drugiego rodzica ma zwykle poważne konsekwencje. Dziedziczenie dwóch kopii jednego z genów matki i żadnej kopii genu ojca (lub odwrotnie) może spowodować poważne wady rozwojowe²⁷. Brak partii genetycznej pochodzącej od ojca nie pozwala na prawidłowy rozwój elementów pozaembrionalny takich jak łożysko. Brak części genów matczynych doprowadza natomiast do nieprawidłowości w rozwoju tkanki embrionalnej²⁸. Na tym etapie można by wyprowadzić wniosek, że u ssaków aby otrzymać normalny rozwój osobnika jest konieczna obecność genów zarówno ojcowskich jak i matczynych. W świecie ssaków zaobserwowano zjawisko spontanicznej aktywacji komórki jajowej (partenogeneza), jednak nie doprowa-

²⁴ Por. A. Giuli, *Inizio della vita umana individuale. Basi biologiche e implicazioni bioetiche*, Roma 2005, s. 207-209.

²⁵ Por. A. Prece, G.E. Moore, *Genomic imprinting, uniparental disomy and foetal growth*, 11 (2000) *Trends in Endocrinology and Metabolism*, s. 270-275.

²⁶ Por. THE PRESIDENT'S COUNCIL ON BIOETHICS, *Human Cloning and Human Dignity. An Ethical Inquiry*, Washington, DC, 2002, s. 62-64, <http://bioethics.georgetown.edu/pcbe/reports/cloningreport/background.html> (02.10.2014).

²⁷ Por. G. Krasomski, Z. Pietrzak, J. Gurda, U. Brocka, *Ciążowa choroba trofoblastyczna*, 9 (2006) *Onkologia Polska*, s. 47-51; B. Grześ, J. Heimrath, L. Sozański, E. Kawecka-Janik, M. Zimmer, *Zaśniad graniasty częściowy współistniejący z prawidłowo rozwijającym się płodem*, 10 (2007) *Onkologia Polska*, s. 145-149.

²⁸ Por. I. M. Shih, R. J. Kurman, *Molecular Basis of Gestational Trophoblastic Diseases*, 2 (2002) *Current Molecular Medicine*, s. 1-12.

dziło to do narodzin zdrowego potomka. Takie przypadki kończą się obumarciem, właśnie w skutek imprintingu genetycznego²⁹.

Dla potwierdzenia tej tezy przeprowadzono rozliczne doświadczenia. Zaobserwowano, że jądro plemnika, po przedostaniu się do komórki jajowej przekształca się w przedjądrze męskie. Podobnie rzecz ma się z komórką jajową gdzie z jej chromosomów powstaje przedjądrze żeńskie. Przez pewien czas oba przedjądrza można od siebie odróżnić a nawet rozdzielić. Ten fakt wykorzystano właśnie w eksperymentach. Usuwano jedno z przedjądrzy, a na jego miejsce wprowadzano przedjądrze męskie lub żeńskie uzyskane od innej zygoty. Tak przygotowane zarodki umieszczano w macicy zastępczych matek i badano ich rozwój. Zaobserwowano, że: zarodki gynogenetyczne (powstałe z obu przedjądrzy żeńskich) charakteryzowały się niedorozwojem trofoblastu, co prawdopodobnie powoduje śmierć płodu z powodu niedożywienia; z kolei zarodki androgenetyczne (otrzymane z obu przedjądrzy męskich) miały dobrze rozwinięty trofoblast, ale upośledzone struktury właściwe zarodka. Tylko zarodki zawierające zarówno przedjądrze żeńskie oraz męskie rozwijały się normalnie³⁰. Ta prawidłowość nie powstrzymała jednak naukowców przed kontynuowaniem badań i dążeniami aby powołać do istnienia osobnika pochodzenia partenogenetycznego. Od lat biolodzy i embriolodzy studiują fenomen imprintingu i zjawisko partenogenezy odkrywając mechanizmy nimi rządzące. Dziesięć lat temu w roku 2004 japońscy naukowcy pod przewodnictwem Tomohiro Kono z Tokyo University of Agriculture przeprowadzili doświadczenie, które udowodniło, że możliwe jest stworzenie organizmu ssaczego bez udziału genomu samca. Udało im się wyhodować mysz po połączeniu dwóch jąder komórkowych z dwóch odrębnych komórek jajowych. Uczni uzyskali po ok. 460 próbach 10 myszek, z czego tylko jedna dożyła wieku dorosłego³¹. Naukowcy udowodnili w ten sposób, że choć nie jest możliwe póki co doprowadzenie do narodzin zdrowego osobnika z aktywowanej komórki jajowej z tylko jej genami to jednak jest możliwe doprowadzenie do narodzin nowego osobnika bez udziału genów męskich. Okazało się bowiem, że jeśli pobierzemy jeden genom z nie w pełni rozwiniętego oocytu, a natomiast drugi z dojrzałego

²⁹ Por. N. Rougier, Z. Werb, *Minireview: Parthenogenesis in mammalian*, 59 (2001) *Molecular Reproduction and Development*, s. 468-474.

³⁰ Por. J. K. Findlay, M. L. Gear, P. J. Illingworth, S. M. Junk, G. Kay, A. H. Mackerras, A. Pope, H. S. Rothenfluh, L. Wilton, *Human embryo: a biological definition*, 4 (2007) *Human Reproduction*, s. 905-911.

³¹ Por. T. Kono, Y. Obata, Q. Wu, K. Niwa, Y. Ono, Y. Yamamoto, E. Sung Park, J. S. Seo, H. Ogawa, *Birth of parthenogenetic mice that can develop to adulthood*, 428 (2004) *Nature*, s. 860-864.

oocyty to może dojść do ich połączenia i normalnego rozwoju. Spowodowane jest to tym, iż nakładanie imprintingu matczynego, ma miejsce w czasie rozwoju oocyty, dlatego też uzyskane z nowonarodzonych myszek nie-dojrzałe oocyty nie posiadają pełnego imprintingu. Takie komórki mogą imitować plemniki.

Zakończone powodzeniem badania prowadzone na zwierzętach zachęciły naukowców do prowadzenia eksperymentów na komórkach ludzkich. W Wielkiej Brytanii zezwolono na przeniesienie składników embrionu ludzkiego pochodzącego od innej kobiety do niezapłodnionej komórki jajowej, przesuwając w ten sposób granice badań nad reprodukcją. Przyzwolenie prawne ośmieliło naukowców do badań nad partenogenezą u ludzi. Profesor Paul de Sousa z Uniwersytetu Edynburskiego ogłosił, że jego zespołowi udało się stworzyć „dziewicze embriony” lub zarodki partenogenetyczne poprzez stymulowanie ludzkiej komórki jajowej do rozpoczęcia podziału, jakiemu podlega embrion, bez jakiegokolwiek dodatku materiału genetycznego z komórki plemnika³². Celem jego eksperymentów było lepsze zrozumienie klonowania, powiązania między błędnym imprintowaniem i chorobą oraz pozyskiwanie komórek macierzystych z partenonów³³.

Z powyższych faktów można wysnuć tezę, że podobnie jak w procesie klonowania tak i partenogeneza jest jedną z dróg, którą przyjdzie nauce podążać jeszcze długo by móc stosować partenogenezę jako metodę reprodukcji.

4. Głos światowych Instytucji oraz Kościoła Katolickiego

Świat zdaje się dostrzegać zagrożenie płynące z omawianych powyżej sposobów rozmnażania. Daje temu wyraz w licznych dokumentach zakazujących tych procedur. Przykładem takich dokumentów jest m.in. Protokół dodatkowy do Konwencji o ochronie praw człowieka i godności istoty ludzkiej wobec zastosowań biologii i medycyny z 1998 roku, dotyczący zakazu klonowania istot ludzkich (ar. 1 pkt. 1)³⁴. Kolejnym dokumentem jest

³² Por. CORDIS Współczesny Serwis Informacyjny Badań I Rozwoju, *Brytyjscy naukowcy stworzyli ludzkie embriony bez wykorzystania plemników*, http://cordis.europa.eu/news/rcn/24410_pl.html (09.10.2014).

³³ Por. P. A. De Sousa, I. Wilmut, *Human Parthenogenetic Embryo Stem Cells: Appreciating What You Have When You Have It*, 1 (2007) Cell Stem Cell, s. 243-244.

³⁴ Artykuł 1 Konwencji stanowi: „Jakkolwiek interwencja mająca na celu tworzenie istoty ludzkiej genetycznie identycznej z inną istotą ludzką żyjącą lub martwą jest zabroniona. W rozumieniu niniejszego artykułu, pojęcie istoty ludzkiej „genetycznie identycznej” z in-

Powszechna deklaracja o ludzkim genomie i prawach człowieka UNESCO (art. 11) podpisana w 1997 roku³⁵. Powyższe dokumenty jednak nie zakazują całkowicie klonowania. Odnoszą się do tak zwanego klonowania reprodukcyjnego tym samym pozostawiając otwartą furtkę do tak zwanego klonowania terapeutycznego wykonywanego w celu pozyskiwania komórek macierzystych.

Można odnieść wrażenie, że w świecie panuje w kwestii klonowania reprodukcyjnego póki co jednomyślność. Niemniej w kwestii klonowania terapeutycznego już tak nie jest. Za Janem Piaseckim z Uniwersytetu Jagiellońskiego można stwierdzić, że argumenty przeciwników klonowania dzielą się na trzy grupy. Pierwszą grupę stanowią ci, którzy wykazują, że klonowanie narusza godność, autonomię oraz fundamentalne prawa jednostki. Kolejni zaś odwołują się do teologicznej struktury ludzkiej prokreacji. Ostatnią grupę stanowią ci, którzy wykazują, że klonowanie pociąga za sobą poważne konsekwencje dla jednostki i społeczeństwa³⁶.

Znaczący głos w dyskusji o etyczności klonowania ma również Kościół katolicki, który żywo reagował i nadal to robi na wszelkie doniesienia naukowców o metodach sztucznej prokreacji. Swoją opinię wyraził w dokumentach różnej rangi. Papież Benedykt XVI w swoim wystąpieniu do uczestników sesji plenarnej Kongregacji Nauki Wiary 31 stycznia 2008 roku przypomniał, że „Urząd Nauczycielski Kościoła nie może i nie powinien oczywiście zabierać głosu w sprawie każdej nowości naukowej, ale jego obowiązkiem jest przypominać o wielkich wartościach, które są zagrożone, oraz przedstawiać wiernym i wszystkim ludziom dobrej woli zasady i wskazania etyczno-moralne dotyczące nowych istotnych zagrożeń”³⁷. Dalej Ojciec święty Benedykt XVI podkreślał, że istnieją dwa podstawowe kryteria

na istotą ludzką oznacza istotę ludzką dzielącą wspólnie z inną ten sam zespół genów zawartych w jądrze komórkowym”.

<http://www.prawoimedycyna.pl/index.php?str=artykul&id=73&PHPSESSID=51b7879b7ef8cd50b4f3888e4d13d17b> (10.10.2014).

³⁵ Artykuł 11 deklaracji UNESCO stanowi: „Praktyki sprzeczne z godnością człowieka, takie jak klonowanie reprodukcyjne istot ludzkich, nie mogą być dozwolone. Państwa i kompetentne organizacje międzynarodowe są zachęcane do współpracy w wykrywaniu takich praktyk i w podejmowaniu, na szczeblu krajowym czy międzynarodowym, niezbędnych działań dla poszanowania zasad głoszonych w Deklaracji”.

<http://libr.sejm.gov.pl/tek01/txt/inne/1997.html> (10.10.2014).

³⁶ Por. J. Piasecki, *Etyka i klonowanie człowieka*, s. 411.

³⁷ Benedykt XVI, *Obowiązkiem Kościoła jest przypominać o wielkich wartościach, które są zagrożone. Przemówienie do uczestników sesji plenarnej Kongregacji Nauki Wiary*, w: J. Brusilo (red.), *W trosce o życie. Wybrane dokumenty Stolicy Apostolskiej*, t. 2, Tarnów 2012, s. 330.

rozeznawania moralnego w tej dziedzinie zaczerpnięte z Instrukcji *Donum Vitae*: 1. Bezwarunkowe poszanowanie istoty ludzkiej jako osoby od poczęcia aż do naturalnej śmierci, 2. poszanowanie pierwotnego sposobu przekazywania ludzkiego życia przez akty właściwe wyłącznie małżonkom³⁸.

W tym duchu wypowiadał się wcześniej święty Jan Paweł II, mówiąc: „w każdym przypadku należy zawsze unikać metod, które są sprzeczne z poszanowaniem godności i wartości osoby. Mam zwłaszcza na myśli próby klonowania istot ludzkich z myślą o uzyskaniu organów do przeszczepów: takie techniki, jako że wiążą się z manipulacją ludzkimi embrionami i niszczeniem ich, nie są moralnie dopuszczalne nawet wówczas, gdy ich zamierzony cel jest sam w sobie dobry”³⁹.

Krytyczne stanowisko Kościoła w kwestii klonowania wyraża dokument Papieskiej Akademii „Pro Vita” *Refleksje na temat klonowania* (25 czerwca 1997). Stwierdza się w tym dokumencie, że: „klonowanie jest głębszą manipulacją fundamentalnej rzeczywistości relacji i komplementarności, która leży u podstaw ludzkiej prokreacji; dotyczy to zarówno jej aspektu biologicznego, jak i w ścisłym sensie personalistycznego. Klonowanie próbuje bowiem sprowadzić fakt istnienia dwóch płci do rangi «przytyku», który ma obecnie znaczenie wyłącznie funkcjonalne...”⁴⁰. W innym miejscu tego dokumentu czytamy, iż „klonowanie istot ludzkich przekreśla zasadę stanowiącą niezbędny warunek wszelkiego współżycia społecznego: zasadę traktowania człowieka zawsze i w każdych okolicznościach jako celu i jako wartości, a nigdy jako środka lub jako przedmiotu”⁴¹.

Swój niepokój dotyczący klonowania człowieka zarówno dla celów reprodukcyjnych jak i terapeutycznych wyraziła Kongregacja Nauki Wiary w Instrukcji *Dignitas personae* stwierdzając, że „klonowanie człowieka jest ze swej natury niedopuszczalne, gdyż doprowadzając do skrajności zło sztucznego zapłodnienia, ma na celu wytwarzanie nowych istot ludzkich w sposób nie mający żadnego związku z aktem wzajemnego obdarowania dwojga małżonków i jeszcze bardziej radykalnie, bez żadnego związku z płciowością. Prowadzi to do nadużyć i manipulacji, stanowiących poważ-

³⁸ Tamże.

³⁹ Jan Paweł II, *Poszukiwania naukowe muszą szanować godność każdej ludzkiej istoty. Przemówienie do uczestników Kongresu Światowego Towarzystwa Transplantologicznego, 29 sierpnia 2000*, w: J. Brusilo (red.), *W trosce o życie. Wybrane dokumenty Stolicy Apostolskiej*, t. 2, Tarnów 2012, s. 262.

⁴⁰ Papieska Akademia „Pro Vita”, *Refleksje na temat klonowania, 25 czerwca 1997*, w: K. Szczygieł (red.), *W trosce o życie. Wybrane dokumenty Stolicy Apostolskiej*, Tarnów 1998, s. 636-637.

⁴¹ Tamże, s. 639.

ne pogwałcenie ludzkiej godności”⁴². Dalej podkreśla, iż „jeszcze groźniejsze z punktu widzenia etycznego jest tzw. klonowanie *terapeutyczne*. Tworzenie embrionów z zamiarem ich zniszczenia, nawet jeśli przyświeca temu intencja niesienia pomocy chorym, jest całkowicie niezgodne z godnością człowieka, ponieważ czyni z życia istoty ludzkiej, choć jest ona w stadium embrionalnym, jedynie narzędzie do wykorzystania i zniszczenia. Poświęcanie ludzkiego życia dla celów terapeutycznych jest głęboko niemoralne”⁴³.

Wnioski

Nauka zrobiła olbrzymie postępy w dziedzinie sztucznej prokreacji. Doświadczenia ukończone sukcesami jakie przeprowadza się w laboratorium w kontekście klonowania i partenogenezy motywują naukowców do wytężonej pracy. Nie można się jednak oprzeć wrażeniu, że świat medycyny zatracą swe sumienie. Dlatego należy przyznać rację Benedyktowi XVI, który przypomina, że Kościół wobec takiej sytuacji „czuje się zobowiązany do oświecania sumień wszystkich ludzi, aby postęp naukowy dokonywał się naprawdę z poszanowaniem każdego człowieka, którego godność osoby należy uznać, jako że został stworzony na obraz Boga, a w przeciwnym przypadku nie jest to postęp prawdziwy”⁴⁴.

Odpowiadając na pytanie postawione w tytule niniejszego artykułu z całą pewnością można stwierdzić, że jednopłciowe formy rozmnażania to nie mit a laboratoryjna rzeczywistość. Czy jednak jest to niedaleka przyszłość? Zdaje się, że nie prędko będzie się stosowało takie metody rozrodu. Być może owe formy powoływania istnień ludzkich zatrzymają się na etapie laboratoryjnym. Jednak nie ma co się łudzić, że naukowcy nie podejmą próby doprowadzenia do narodzin istoty ludzkiej w procesie klonowania lub partenogenezy.

Bibliografia

1. JAN PAWEŁ II, *Poszukiwania naukowe muszą szanować godność każdej ludzkiej istoty. Przemówienie do uczestników Kongresu Światowego Towarzystwa Transplantologicznego, 29 sierpnia 2000*, w: J. Brusilo

⁴² DP 28.

⁴³ DP 30, por. DV I, 6.

⁴⁴ Benedykt XVI, *Obowiązkiem Kościoła jest przypominać o wielkich wartościach, które są zagrożone. Przemówienie do uczestników sesji plenarnej Kongregacji Nauki Wiary*, s. 331.

- (red.), *W trosce o życie. Wybrane dokumenty Stolicy Apostolskiej*, t. 2, Tarnów 2012, s. 259-263
2. BENEDYKT XVI, *Obowiązkiem Kościoła jest przypominać o wielkich wartościach, które są zagrożone. Przemówienie do uczestników sesji plenarnej Kongregacji Nauki Wiary*, w: J. Brusilo (red.), *W trosce o życie. Wybrane dokumenty Stolicy Apostolskiej*, t. 2, Tarnów 2012, s. 329-331
 3. KONGREGACJA NAUKI WIARY, *Donum Vitae. Instrukcja o szacunku dla rodzącego się życia ludzkiego i o godności jego przekazywania, 22 lutego 1987*, w: K. Szczygieł (red.), *W trosce o życie. Wybrane dokumenty Stolicy Apostolskiej*, Tarnów 1998, s. 360-385
 4. KONGREGACJA NAUKI WIARY, *Dignitas personae. Instrukcja dotycząca niektórych problemów bioetycznych, 8 września 2008*, w: J. Brusilo (red.), *W trosce o życie. Wybrane dokumenty Stolicy Apostolskiej*, t. 2, Tarnów 2012, s. 465-486
 5. PAPIESKA AKADEMIA „PRO VITA”, *Refleksje na temat klonowania, 25 czerwca 1997*, w: K. Szczygieł (red.), *W trosce o życie. Wybrane dokumenty Stolicy Apostolskiej*, Tarnów 1998, s. 634-643
 6. CARBONE G. M., *Le cellule staminali, Che cosa sono? A cosa Servono? E lecito usarle?*, Bologna 2005
 7. CORDIS Współczesny Serwis Informacyjny Badań I Rozwoju, *Brytyjscy naukowcy stworzyli ludzkie embriony bez wykorzystania plemników*, http://cordis.europa.eu/news/rcn/24410_pl.html (09.10.2014)
 8. DE SOUSA P. A., WILMUT I., *Human Parthenogenetic Embryo Stem Cells: Appreciating What You Have When You Have It*, 1 (2007) *Cell Stem Cell*, s. 243-244
 9. DI PIETRO M. L., SGRECCIA E., *Procreazione assistita e fecondazione artificiale tra scienza, bioetica e diritti*, Brescia 1999
 10. FINDLAY J. K., GEAR M. L., ILLINGWORTH P. J., JUNK S. M., KAY G., MACKERRAS A. H., POPE A., ROTHENFLUH H. S., WILTON L., *Human embryo: a biological definition*, 4 (2007) *Human Reproduction*, s. 905-911
 11. GIULI A., *Inizio della vita umana individuale. Basi biologiche e implicazioni bioetiche*, Roma 2005
 12. GRAWER J., *The rise and fall of SRY*, 5 (2002) *Trends in Genetics*, s. 259-264

13. GRZEŚ B., HEIMRATH J., SOZAŃSKI L., KAWECKA-JANIK E., ZIMMER M., *Zaśniad graniasty częściowy współistniejący z prawidłowo rozwijającym się płodem*, 10 (2007) *Onkologia Polska*, s. 145-149
14. HFEA grants the first therapeutic cloning licence for research, <http://www.hfea.gov.uk/758.html> (02.10.2014)
15. HUGHES J. F., SKALETSKY H., PYNTIKOVA T., MINX P. J., GRAVES T., ROZEN S., WILSON R. K., PAGE D. C., *Conservation of Y-linked genes during human evolution revealed by comparative sequencing in chimpanzee*, 437 (2005) *Nature*, s. 101-104
16. JOSEFSON D., *Scientists plan human cloning in the United States*, 322 (2001) *British Medical Journal*, s. 315
17. KOLATA G., *Klon. Dolly była pierwsza*, Warszawa 2000
18. KONO T., OBATA Y., WU Q., NIWA K., ONO Y., YAMAMOTO Y., SUNG PARK E., SEO J. S., OGAWA H., *Birth of parthenogenetic mice that can develop to adulthood*, 428 (2004) *Nature*, s. 860-864
19. KRASOMSKI G., PIETRZAK Z., GURDA J., BROCKA U., *Ciążowa choroba trofoblastyczna*, 9 (2006) *Onkologia Polska*, s. 47-51
20. MACHINEK M., *Spór o status ludzkiego embrionu*, Olsztyn 2007
21. MAYOR S., *Claim of human reproductive cloning provokes calls for international ban*, 328 (2004) *British Medical Journal*, s. 185
22. MODLIŃSKI J. A., *Biologiczne aspekty klonowania człowieka*, 2 (2004) *Studia Bobolanum*, s. 5-24
23. MODLIŃSKI J. A., KARASIEWICZ J., BORYSZKO Z., KARCZEWSKI W., JĘDRUCH J., WITKOWSKI M., GUSZKIEWICZ A., *Odstęp czasu między aktywacją oocytu a wprowadzeniem jądra komórkowego wpływa na rozwój rekonstruowanych oocytów owcy*, 57 (2000) *Prace i Materiały Zootechniczne*, s. 97-102
24. MODLIŃSKI J. A., KARASIEWICZ J., *Klonowanie somatyczne ssaków*, 5 (2001) *Medycyna Wieku Rozwojowego, Suplement I*, s. 9-25
25. MODLIŃSKI J. A., KARASIEWICZ J., *Klonowanie ssaków mity i rzeczywistość*, w: B. Chyrowicz (red.), *Klonowanie człowieka. Fantazje – zagrożenia – nadzieje*, Lublin 1999, s. 25-92
26. MODLIŃSKI J. A., *Mikromanipulacje na gametach i zarodkach ssaków*, w: L. Zwierzchowski (red.), *Biotechnologia zwierząt*, Warszawa 1997, s. 353-430
27. MODLIŃSKI J. A., PIOTROWSKA K., KARASIEWICZ J., *Klonowanie ssaków metodą seryjnej transplantacji jąder komórkowych*, *Prace i Materiały Zootechniczne* 57 (2000), s. 77-88

28. PIASECKI J., *Etyka i klonowanie człowieka*, w: J. Różyńska, W. Chańska (red.), *Bioetyka*, Warszawa 2013, s. 407-419
29. PRECE A., MOORE G. E., *Genomic imprinting, uniparental disomy and foetal growth*, 11 (2000) *Trends in Endocrinology and Metabolism*, s. 270-275
30. ROUGIER N., WERB Z., *Minireview: Parthenogenesis in mammalian*, 59 (2001) *Molecular Reproduction and Development*, s. 468-474
31. SHIH I. M., KURMAN R. J., *Molecular Basis of Gestational Trophoblastic Diseases*, 2 (2002) *Current Molecular Medicine*, s. 1-12
32. SKRZYSZKOWSKA M., SMORAĞ Z., *Biotechnologia rozrodu zwierząt gospodarskich. Stan badań nad możliwościami praktycznego zastosowania. Materiały Konferencji Naukowej*, Balice 1997
33. TARKOWSKI A. K., *Mouse Chimaeras Developed from Fused Eggs*, 190 (1961) *Nature*, s. 857-860
34. TARKOWSKI A. K., WRÓBLEWSKA J., *Development of Blastomeres of Mouse Eggs Isolated AT the 4 – and 8 – cell Stage*, 18 (1967) *Journal of Embryology and Experimental Morphology*, s. 155-180
35. THE PRESIDENT'S COUNCIL ON BIOETHICS, *Human Cloning and Human Dignity. An Ethical Inquiry*, Washington, DC, 2002, 62-64, <http://bioethics.georgetown.edu/pcbe/reports/cloningreport/background.html> (02.10.2014)
36. VEZZONI P., *Si può clonare un essere umano?*, Editori Laterza, Roma – Bari 2003.
37. WEGNEZ M., *Clonazioni. L'individuo, le cellule e i geni*, Bari 2007
38. WILLADSEN S. M., LEHEN-JENSEN H., FEHILLY C. B., NEWCOMB R., *The production of Monozygotic Twins of Preselected Parentage by Micromanipulation of Non-surgically Collected Embryos*, 15 (1981) *Theriogenology*, s. 23-27
39. WILMUT I., SCHNIEKE A. E., McWHIR J., KIND A. J., CAMPBELL K. H. S., *Viable offspring derived from fetal and adult mammalian cells*, 385 (1997) *Nature*, s. 810-813
40. WÓJCIK P., *Lo statuto dell'embrione e le sue conseguenze etiche nel contesto della clonazione nella letteratura bioetica polacca*, Roma 2012
41. ZAVOS P., *Possible therapy of male infertility by reproductive cloning: one cloned human 4-cell embryo*, 52 (2006) *Archives of Andrology*, s. 243-254

Ks. dr Piotr Wójcik – prezbiter diecezji drohiczyńskiej, teolog i bioetyk. Ukończył teologię na Papieskim Wydziale Teologicznym w Warszawie, doktoryzował się z zakresu bioetyki na Ateneo Pontificio Regina Apostolorum w Rzymie. Wykładowca w Wyższym Seminarium Duchownym w Drohiczyńce, Diecezjalny Asystent Akcji Katolickiej, Przewodniczący Rady ds. aktualnych zagadnień moralnych, duchowych i prawnych przy Kurii Diecezjalnej w Drohiczyńce.