

R a s p r a v e

UDK: 575 (091)

577.2

17

Pregledni članak

Primljeno 1/2000

GENETIKA I GENETIČKO INŽENJERSTVO - POVIJEST, ŠANSE I OPASNOSTI

Ivan Kešina, Split

Sažetak

Čovjek se oduvijek bavio genetikom, a da možda toga i nije bio svjestan. Izabirao je, selekcionirao, križao u biljnom i životinjskom svijetu, sve dok se to nije počelo događati i na području humanoga.

U prvom poglavlju ovoga rada autor daje prikaz povijesnog razvoja genetike kao znanstvene discipline u krilu prirodoslovnih znanosti te vrste genetičkog inženjerstva. Svoje korijene ova znanost ima u radovima i rezultatima češkog redovnika Gregora Mendela koji su otkriveni početkom dvadesetog stoljeća, otkad je razvoj genetike dobio novi zamah. Vrhunac je, čini se, ostvaren kloniranjem ovce Dolly. Što možemo još očekivati u budućnosti?

U drugom poglavlju raspravlja se o etičkim vidicima genetike i genetičkog inženjerstva stavljajući pri tome naglasak na etičko vrednovanje biotehnologije na području humanoga. Sva ljudska djelatnost, ona u okolišu i ona vezana neposredno uz čovjeka, trebala bi imati kao cilj dobro i sreću svih ljudi. No, nijedna svrha, ma kako u sebi bila plemenita, primjerice, predvidiva korist za znanost, za druga ljudska bića ili za društvo, ne smije zanemariti prvi moralno-etički kriterij, tj. poštivanje nepovredivosti ljudske osobe u njezinu tjelesno-duhovnom totalitetu i njezino dostojanstvo na svim njezinim razvojnim stupnjevima.

Ključne riječi: genetika, genetičko inženjerstvo, kloniranje, klon, eugenika.

Uvod

Vijest koja je 23. veljače 1997., kao najveća znanstvena senzacija godine, a možda i stoljeća, obišla svijet, neke je oduševila, a mnoge zaprepastila, ali i zabrinula. Ta vijest sadržavala je informaciju da su znanstvenici instituta *Roslin* kraj Edingburgha, predvođeni dr. Ianom Wilmutom i dr. Patrickom Dixonom, uspjeli kloniranjem,¹ tj. nespolno (aseksualno), "proizvesti" medijsku zvijezdu, prvog sisavca bez oca, ovcu Dolly.²

Tjedan dana nakon objavljivanja vijesti o kloniranoj ovcu,³ skupina genetičara iz Oregonskog regionalnog središta za proučavanje primata (SAD) na čelu s dr. Dan Wolfom, objavila je da su u njihovom laboratoriju klonirana dva rezus majmuna. Oni su došli na

-
- 1 Klon je skup genetički jednakih individua koje su nastale nespolno (aseksualno), vegetativno ili na temelju diploidne partenogeneze (tj. razvojem zametka iz jajne stanice bez oplodnje). Tako npr. potomci koji su nastali diobom iz jedne papučice ili jedne bakterije čine klon. Pelargonije nastale rasađivanjem ogranaka materinskih biljaka čine isto tako klon. Klonom se smatraju i jednojajni blizanci jer su nastali cijepanjem iz jedne embrionalne osnove. Budući da im je genetička osnova ista, tj. jedno jedino oplodeno jaje, oni su genotipski, a često i fenotipski (vanjska obilježja) jednaki. Pojmom *kloniranje* nazivamo prirodne ili umjetne postupke za dobivanje klonova pojedinih organizama.
 - 2 Znanstvenicima *Roslinova instituta* uspjelo je iz tjelesnih stanica vimena odrasle ovce izvaditi diploidnu (2n) kromosomsku garnituru i prenijeti je u jednu neoplođenu jajnu stanicu druge ovce iz koje su prethodno odstranili njezine kromosome. Takvu diploidnu stanicu koja se normalno počela dijeliti implantirali su u maternicu treće ovce (surogat majke), što znači da je daljnji razvoj zametka tekao u prirodnim uvjetima, te se nakon 150 dana ojanjila prva klonirana ovca - Dolly. Na taj način je Dolly, najzanimljivije rođena životinja, jedino biće koje nema oca, a ima tri majke: genetičku majku, čija je Dolly kopija, majku od koje je uzeta jajna stanica, te surogat-majku, koja je nosila i ojanjila Dolly.
 - 3 Nekoliko osnovnih čimbenika omogućilo je da se počelo razmišljati o kloniranju ovaca. Prva je ta da je u Škotskoj kao privredna djelatnost veoma dobro razvijena biologija ovaca, čiji je dugoročni cilj selekcija i poboljšanje različitih osobina (mliječnost, vuna) raznih pasmina ovaca. Stoga su ovce bile predmetom brojnih istraživanja iz područja genetike, fiziologije, umjetne oplodnje izvan životinja, embriologije i drugih znanstvenih disciplina vezanih uz biologiju ovaca. Druge su spoznaje proizišle iz molekularne biologije, tj. genetičkog inženjeringa. One su omogućile stvaranje kombinacija gena *in vitro* te unošenje takvih konstruiranih gena u oplodenu jajnu stanicu metodom mikroinjektiranja. Unošenjem takve jajne stanice u uterus životinje primatelja moguće je dobiti transgene životinje, kako se nazivaju životinje s unesenim stranim genom. Takvi pokusi provode se redovito na miševima, koji su poslužili kao prvi objekti takva tipa istraživanja, a znanje stečeno na tim modelima omogućilo je da se primijeni i na druge životinje. Tako su dobivene transgene životinje koje, npr. u mlijeku, imaju povećane količine važnih lijekova koji se ne mogu dobiti u zadovoljavajućim količinama na druge klasične načine (antitripsin, tkivni aktivator plazminogena, laktoferin i drugi).

svijet još u kolovozu 1996. godine, *stvoreni* umjetnim cijepanjem zametka u embrionalnom stadiju razvoja.⁴

Britanski znanstvenici koji su stvorili ovcu Dolly upozorili su da bi se njihova tehnika uskoro mogla primijeniti i na ljudsko kloniranje. Budu li se željela klonirati ljudska bića, bilo bi to izvedivo za samo nekoliko godina, stvaranjem predujeta za takav "pothvat".⁵

Sve navedeno uzrok je mnogih uznemirujućih pitanja koja se postavljaju pred čovjeka. Gdje su korijeni i postoje li granice znanosti koja je na ovom području učinila senzacionalne rezultate? Može li se smatrati činjeničnim stanjem to da se kloniranje neće dati ograničiti na područje biljnoga i životinjskoga carstva, nego da će obuhvatiti i samoga čovjeka? Znači li to da su sve granice pale jer je sve moguće učiniti? Smijemo li se zadovoljiti "obećanjem" znanstvenika da ono što za sada ne mogu činiti, i neće činiti? Što će se dogoditi kad to budu mogli činiti? Je li moguće izbjeći zloupotrebu spoznaja do kojih su došli znanstvenici, ili je njihova zloupotreba u rukama kriminalaca neizbježna? Hoće li možda na scenu stupiti razni Frankenstein i koji će producirati ljude po svojoj mjeri, ovisno o potrebama tržišta? Možemo li očekivati nove Hitlera, Staljine..., ili pak Alberta Einsteina, majku Tereziju, ponovno mladu Brigitte Bardot ili Claudiju Schiffer? Kolike su nam šanse, te kakvim smo rizicima izloženi na ovom području? Mora li se etika prilagoditi znanosti i njezinim dostignućima ili bi trebalo biti obratno? Pitanja kao da se nižu unedogled.

⁴ Na sličan su način u *Institutu Roslin* prije toga nastale ovce blizanke Megan i Morgan. Iz stanica na dva dijela podijeljenog embrija implantiranog u maternicu dobiveni su genetički identični blizanci.

⁵ Prije nego su uspjeli stvoriti Dolly, znanstvenici su to bezuspješno pokušavali sa 277 jajnih stanica ovaca. Od toga su dobili samo 29 embrija koji su preživjeli dulje od šest dana, a samo se jedan embrio razvio do odrasle životinje. To znači da bi trebalo vjerojatno i daleko više ljudskih jajnih stanica, surogat majki, itd., da se klonira čovjeka. Wilmut takav rad s ljudskim zamecima smatra "sablaznjivim", te da bi ga trebalo zabraniti na najdjelotvorniji mogući način.

1. GENETIKA I GENETIČKO INŽENJERSTVO⁶ - POVIJESNI RAZVOJ I VRSTE

Čovjek se oduvijek trudio uzgojiti što bolje sorte korisnih biljaka i životinja koristeći se pritom mnogim spoznajama iz prirode i o prirodi, oponašajući proces prirodne selekcije i želeći ga ubrzati koliko god je to moguće. Mnoge uzgojene biljke i domaće životinje dobivene su *umjetnom selekcijom*.⁷

Daljni postupak koji je čovjek uveo u ratarstvo i stočarstvo bio je *hibridizacija* ili umjetno križanje.⁸

-
- 6 O ovoj tematici opširnije usp. G. Altner, *Leben auf Bestellung? Das gefährliche Dilemma der Gentechnologie*, Freiburg, Basel, Wien, 1988; K. Bayertz, *Genethl. Probleme der Technisierung menschlicher Fortpflanzung*, Hamburg, 1987; R. Dawkins, *Sebični gen*, Beograd, 1979; H.-W. Döring, *Technik und Ethik, Die sozialphilosophische und politische Diskussion um die Gentechnologie*, Frankfurt a. M., 1988; A. Eser, M. von Lutterotti, P. Sporcken (Hrsg.), *Lexikon - Medizin, Ethik, Recht*, Freiburg-Basel-Wien, 1989; H. M. Gardner (Hrsg.), *Eingriffe in das Leben*, Innsbruck, 1986; B. Häring, *Ethik der Manipulation*, Graz, 1977; B. Häring, *Kristov zakon, Slobodni u Kristu*, sv. III., Zagreb, 1986, str. 124-125; J. Herbig, *Der Bio-Boom. Möglichkeiten und Gefahren der Genmanipulation*, Hamburg, 1982; E. Hickel, *Gefahren der Genmanipulation*, u: *Blätter für deutsche und internationale Politik* 3 (1985), 340-351; H. Jonas, *Laßt uns einen Menschen klonieren*, u: *Scheidewege* 12 (1982), 462-489; H. Jonas, *Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*, Frankfurt a. M., 1984; H. Jonas, *Technik, Ethik und Biogenetische Kunst. Betrachtung zur neuen Schöpferrolle des Menschen*, u: *Communio, Internationale Katholische Zeitschrift* 13 (1984.), 501-517; P. Koslowski (Hrsg.), *Die Verführung durch das Machbare. Ethische Konflikte in der modernen Medizin und Biologie*, Stuttgart, 1983; Ž. Kućan, *Nukleinske kiseline i Nobelove nagrade*, u: *Scientia Yugoslavica* 8 (1982), 249-253; P. Lange, *Ethische und rechtliche Probleme der Anwendung zellbiologischer und gentechnischer Methoden am Menschen*, München, 1984; R. Löw, *Leben aus dem Labor. Gentechnologie und Verantwortung, Biologie und Moral*, München, 1985; A. Milunsky, *Upoznaj svoje gene*, Zagreb, 1989; J. Reiter- U. Theile (Hrsg.), *Genetik und Moral, Beiträge zu einer Ethik des Ungeborenen*, Mainz, 1985; H. Rotter, *Die Würde des Lebens. Fragen medizinischer Ethik*, Innsbruck-Wien, 1987; H. Rotter - G. Virt (Hrsg.), *Neues Lexikon der christlichen Moral*, Innsbruck-Wien, 1990; G. Virt, *Was hat die Turbokuh mit Moral zu tun?* u: *Concilium* 25 (1989), 197-288; B. Vrtar, *Genetika i evolucija*, Zagreb, 1984; F. Wagner (Hrsg.), *Menschenzüchtung*, München, 1969; A. Worm, *Gentechnik*, Wien, 1988; Lj. Čupak-Zergollern, *Uvod u medicinsku genetiku s kliničkom citogenetikom*, Zagreb, 1980; Lj. Čupak-Zergollern i suradnici, *Medicinska genetika*, Zagreb, 1986; W. Ch. Zimmerli, *Dürfen wir was wir können?* Hannover, 1985.
- 7 Već je Charles Darwin promatrao uzgajivače koji su, birajući jedinke određenih kvalitativnih svojstava i njihovim križanjem, stvorili nove sorte, pasmine i rase žitarica, voća i povrća, te domaćih životinja (ovaca, govoda, svinja, kunića ...).
- 8 Hibridizacijom se želi dobiti poboljšano potomstvo od dviju različitih sorti, pasmina ili rasa rasplodim procesima, pri čemu se stvaraju novi genotipovi,

Početak dvadesetog stoljeća, s razvojem znanosti i znanstvene tehnologije, započela je unutar biološke znanosti era nove znanstvene discipline genetike,⁹ s radovima češkog redovnika Gregora Mendela (1822. – 1884.), koji je 1865. god. u Brnu objavio rezultate svojih dugogodišnjih istraživanja i pokusa s graškom u djelu *Versuche über Pflanzenhybriden*.¹⁰ Rezultati Mendelovih istraživanja pali su u zaborav sve do početka ovoga stoljeća, kada su ponovno "otkriveni", te je tada razvoj genetike dobio novi zamah. *Elementi nasljeđivanja*, kako ih je nazvao Mendel, dobili su naziv *geni*, ali je njihova bit ostala jednako apstraktnom kao i u Mendela.

Dva velika pitanja, što je funkcija nukleinskih kiselina i što su geni, imala su zajednički odgovor: nasljedna tvar, tvar od koje su sačinjeni geni, jest deoksiribonukleinska kiselina (DNK).¹¹

James D. Watson i Francis H. C. Crick su početkom 1953. godine predložili model dvostruke zavojnice DNK. Bio je to prvi slučaj da je odgonetavanje arhitekture neke molekule objasnilo i njezinu biološku funkciju. Genetička informacija, tj. informacija o strukturi proteina, pohranjena je u strukturi DNK. Informacija se prepisuje u specifični redosljed nukleotida u molekulama RNK. Uloga te RNK je da posluži kao kalup u sintezi proteina, što je F. Crick nazvao "centralnom dogmom molekularne biologije".¹²

Godine 1961. F. Jacob i J. Monod došli su do zaključka da samo jedna klasa molekula RNK (*messenger*, mRNK) služi kao glasnik u prijenosu poruka s DNA na proteine.

Iste godine M. Nirenberg je dao odgovor na pitanje što je genetička šifra. U vremenskom razdoblju od nekoliko godina odgonetnuta je cjelokupna genetička šifra. No, premda je genetička šifra bila poznata u cijelosti, nije bio poznat ni jedan originalni genetički tekst, zbog toga što nije postojala metoda kojom bi se taj tekst mogao odgonetnuti. Ta je poteškoća riješena nakon što je W. Arber otkrio enzime koji vrlo specifično i precizno cijepaju velike

odnosno križanci (hibridi). Križati se može, u pravilu, samo unutar jedne vrste (hibridi dviju vrsta su rijetki i obično neplodni, npr. *mazga* i *mula*).

9 Genetika ili nauka o nasljeđivanju, koja je grana biološke znanosti, definira se kao znanost "koja proučava pojave i uzroke međusobne sličnosti te nasljeđivanja svojstava u živih bića" (B. Vrtar, *Genetika i evolucija*, str. 9).

10 Zahvaljujući Mendelovu radu i pokusima na grašku u tijeku punih osam godina, dobiveni su osnovni principi nasljeđivanja pojedinih osobina kod živih bića.

11 Do ovog zaključka došao je O.T. Avery sa suradnicima na osnovi dokumentiranih eksperimenata na bakteriji *Diplococcus pneumoniae*, objavljenih 1944. godine.

12 O navedenoj tematici usp. I. Kešina, "Entelehija" kod Hansa Driescha u *svjetlu suvremene biologije*, u: CUS 30 (1995), str. 173-175.

molekule DNK na manje fragmente¹³ te nakon što su P. Berg, D. Nathans i H. Smith pronašli metode kojima se takve molekule DNK mogu ugraditi u specifične genetske elemente bakterija i preko noći umnožiti u milijardama primjeraka. Tako je rođeno *genetičko inženjerstvo* ili točnije *metodologija rekombinantne DNK*.¹⁴

1.1. *Zeleno i crveno genetičko inženjerstvo*

Ova podjela nastala je na osnovi razlikovanja između biljnoga i životinjskoga svijeta, tj. zelene boje klorofilnih zrnaca kod biljaka te boje krvi kod životinja.

1.1.1. *Zeleno genetičko inženjerstvo*

Zeleno genetičko inženjerstvo skupni je, doduše neznanstveni, pojam za sva istraživanja genetičkog inženjeringa i njihova korištenja kod nižih organizama (npr. virusi, bakterije, kvasčeve gljivice, ...) i biljaka.

- *genetičko inženjerstvo na mikroorganizmima*¹⁵ upotrebljava se u različite svrhe.

U čovjekovu okolišu nalazi se golem broj industrijskih, umjetnih kemikalija i teških metala koji dodatno zagađuju ekosistem. Postoji nada da bi se genetički manipuliranim mikroorganizmima i njihovom izmjenom tvari ovi štetni materijali mogli odstraniti iz okoliša. Isto se tako očekuje da bi ovakvi mikroorganizmi mogli poslužiti za odstranjivanje naftnih mrlja na morima i oceanima.

Otvoreno ostaje pitanje kako će se ovi mikroorganizmi ponašati u slobodnoj prirodi, ako bi se s drugim mikroorganizmima ponovno genetički kombinirali, te u kakvom bi konkurentnom odnosu bili s već prisutnim, "normalnim" mikroorganizmima u prirodi. Novokonstruirani se mikroorganizmi mogu pokazati kao visokovirulentni uzročnici bolesti, a protiv njih ne postoji ciljani prirodni mehanizam obrane.

¹³ Ovi enzimi nazivaju se *restricijske endonukleaze*, a ako ih genetički inženjer pusti da duže djeluju, oni će napraviti sasvim male isječke.

¹⁴ Genetički inženjering (kao metoda manipuliranja genima) predstavlja skup postupaka kojima se odcjepljuju dijelovi gena, cijeli geni ili skupina gena iz DNK jednog organizma i umeću na unaprijed određeno mjesto u DNK drugog organizma, koji je najčešće jednostavne genske građe, a može se uzgojiti u velikom broju.

¹⁵ Ponekad se naziva i *bijelim* genetičkim inženjerstvom.

Genetičko inženjerstvo već danas igra veliku ulogu u farmaciji. Među prvim postupcima iskorištena je crijevna bakterija *Escherichia coli* za proizvodnju inzulina, do kojega se dolazi izrazito teško.¹⁶ *Escherichia coli* je poslužila i za implantaciju gena za sintezu ljudskog hormona rasta koji služi za liječenje patuljastog rasta u djece. Na spomenuti način već se dobivaju i interferon, razna anti-tijela, cjepiva, itd. Kod eksperimenata na životinjama spomenutom tehnikom uspješno se izolirati protein koji uništava tumore. Uz pomoć nekog bakterijskog organizma, možda znanstvenicima uspije producirati veće količine ovih proteina koje bi se mogle upotrijebiti za liječenje tumora.

Bakterije i virusi manipulirani genetičkim inženjerstvom mogli bi se upotrijebiti i u vojne svrhe: jeftini su, na dohvatu su ruke, a upotreba im je raznolika. Opasnost upotrebe genske tehnologije u vojne svrhe mogla bi, prema nekima, nadmašiti užas posljedica atomskih bombi.

• *genetičko inženjerstvo u uzgajanju biljaka* razlikuje se od dosadašnje prakse uzgoja biljaka po tome što se pojedini geni izoliraju i poslije ciljano unose u druge organizme. Na taj način može se točnije odrediti način djelovanja novonastalih promjena i željenih svojstava, a isto tako postoji i mogućnost prevladavanja granica same vrste. Genetičkom manipulacijom ne miješaju se svi geni dva različita organizma, nego samo jedan ili nekoliko njih. Prednost ove tehnologije sastoji se u dobivanju na vremenu te u ciljanom stvaranju novih svojstava. Želja je znanstvenika biljke tako genetički manipulirati da one posjeduju određene prednosti što se tiče izdržljivosti i rezistentnosti na ozljede i bolesti, kako bi se povećala hranjiva vrijednost pojedinih biljnih vrsta, te stvoriti takve biljne vrste koje bi mogle normalno rasti i donosti plodove na neprikladnom tlu, kao i biljke koje bi bile u stanju vezati dušik iz zraka i na taj način ne ovisiti o skupim umjetnim gnojivima. Mnoge od ovih želja već su postale stvarnost.

Opasnosti u svezi s navedenom tehnologijom odnose se ponajprije na intenzivnije iscrpljivanje tla na koje su zasađeni organizmi s većim prinosom, te sve izraženije uzgajanje monokultura, što može dovesti do štetnih posljedica za cjelokupni okoliš. Intenzivna produkcija novih sorti mogla bi dovesti do toga da druge

¹⁶ Znanstvenici su iz ljudskih kromosoma izdvojili gen odgovoran za sintezu inzulina i unijeli ga u bakteriju *E. coli*. U povoljnom mediju u kojemu ima dovoljno različitih aminokiselina sintetiziraju se prema genskom predlošku molekule inzulina.

vrste budu potisnute, čime bi bila ograničena genetička raznolikost ("genetička erozija").¹⁷

1.1.2. Crveno genetičko inženjerstvo

Ova tehnologija odnosi se na istraživanje i primjenu rezultata tih istraživanja na životinjske i ljudske stanice i organizme.

• *genetičko inženjerstvo na životinjama*

Upravo na ovom području jasno je prepoznatljiva uska povezanost između reprodukcije biologije i genetske tehnologije. Životinjskim organizmima može se manipulirati na različite načine, npr.: prenošenjem genetičkog materijala iz tjelesnih stanica u jajne stanice iz kojih je prethodno uklonjena jezgra, umjetno induciranim oblikovanjem više jedinki iz blastule s osam stanica, stvaranjem himera iz dva genetički različita embrija ili više njih, ili unošenjem hormona koji su proizvedeni genetičkom tehnologijom. Ovi zahvati imaju za cilj poboljšanje kvalitete korisnih životinja rađanjem više potomaka, višom kvalitetom i kvantitetom životinjskih produkata, manjom osjetljivošću na određene bolesti itd.¹⁸

Na području crvenog genetičkog inženjerstva postignuti su mnogi pozitivni rezultati.¹⁹ Vrhunac i senzacija bio je uspjeh I. Wilmuta i njegovih suradnika, koji su prvi u svijetu uspjeli iz diferencirane

¹⁷ Zbog pretjeranog valoriziranja biljaka dobivenih genetičkom tehnologijom, zapostavljaju se neke biljne vrste čiji dobar urod ovisi o okolini, umjetnim gnojivima i obrađivanju.

¹⁸ Jedna od brojnih metoda danas je dobivanje *transgenih životinja*. Primjena ove tehnologije omogućuje da se primjerice u mlijeku ovaca pa i drugih domaćih životinja dobiju vrijedni lijekovi potrebni ljudskom zdravlju, kao što su ljudski antitripsin, tkivni aktivator plazminogena i sl.

¹⁹ Karlu Illmenseeu uspjelo je 1978. od raka oboljelu stanicu embrija miša "pretvoriti" u normalnu stanicu. Ta stanica bi kod odraslih miševa sigurno izazvala tumor. Kad je ubrizgana u nekoliko embrija miševa, nije djelovala patogeno, nego su se oni sasvim normalno razvijali.

Hans Driesch je, eksperimentirajući od 1891. do 1900. na embrijima morskog ježinca, uspio dobiti potomstvo kloniranjem, ali iz embrionalnih stanica koje su nediferencirane. Uspio je razdvojiti blastomere na stadiju brazdanja s dvije, četiri, osam, pa i šesnaest blastomera, i uvijek je dobivao normalne ličinke.

Šezdesetih godina našega stoljeća dobivene su klonirane žabe.

U posljednjih dvadesetak godina uspjelo se iz embrionalnih nediferenciranih stanica dobiti različite modele sisavaca (miševa, štakora, goveda). Prvi klonirani sisavac uzgojen je u Njemačkoj 1995. godine. Radi se o albino mišu za pokuse s tumorima.

stanice, odnosno iz njezine jezgre, dobiti u sisavaca potomstvo kloniranjem, čime su znanosti ponudili nekoliko važnih činjenica.²⁰

• *genetičko inženjerstvo na području humanoga* mogli bismo analizirati u nekoliko vidova:

1. Analiza gena pomoću koje bi se mogle izrađivati genske karte²¹ svakog pojedinog čovjeka još prije njegova rođenja. S pomoću tzv. analize genoma bilo bi moguće otkriti nasljedne sklonosti prema pojedinim bolestima ili genetski uvjetovanu preosjetljivost (alergije) na pojedine utjecaje okoline kao što su štetne tvari, prehrambeni proizvodi ili lijekovi. Prisutnost oboljenja može se ustvrditi još prije nego li je ona nastupila, a to znači da bi se već za vrijeme trudnoće moglo znati je li nerođeno dijete oboljelo ili je oštećeno u svom razvoju.

Otkrivanje i liječenje genetski uvjetovanih oboljenja govori u prilog analize gena, ali bi, ipak, trebalo pri tome razlikovati dva slučaja: analizu gena na rođenom čovjeku i analizu gena na nerođenom životu. Čini se da nema moralnih dvojbi kod one analize

²⁰ Nedvosmisleno je dokazano da za vrijeme razvoja mliječnih stanica nije došlo do nepovratnih promjena genetskog materijala, te da je takav materijal iz stanja mirovanja mogao poticati razvitak do potpunog organizma. Uspjeh je i u tome što se u navedenom uspješnom spajanju jezgara i oocita uspjela postići podudarnost stanja jezgre davatelja s citoplazmom oocite primatelja (metafaza II.) u kojem se razvio embrio i dobilo se normalno potomstvo. Dokazano je, dalje, da kromosomi u jezgri nisu bili podvrgnuti nepovratnim promjenama tijekom diferencijacije te da ta spoznaja omogućuje novi oblik manipulacije genima. Istraživanja u svezi s dobivanjem potomstva kloniranjem dala su dragocjene podatke o oogenezi, embriogenezi te razvitku i diferencijaciji u viših organizama. Opširnije o tome kako je kloniranjem dobivena Dolly usp. O. Springer, *Strah od kloniranja strah od znanosti*, u: *Priroda - Časopis za popularizaciju prirodnih znanosti* 87 (1997) 4, str. 6-9; V. Delić, *Vrijeme kloniranja*, u: *Priroda - Časopis za popularizaciju prirodnih znanosti* 87 (1997) 5, str. 12-16. Pitanja koja se nameću u svezi s Dolly jesu: kako je Dolly; je li normalna ovca i kakva je zdravlja i razvitka? Dolly je, za sada, normalna zdrava ovca. Za utvrđivanje ostalih njezinih osobina potrebno je daleko više vremena, nakon kojeg će se moći odgovoriti na pitanje je li možda njezin genetički materijal (DNK) oštećen, te hoće li živjeti kao i ostale ovce, s osobinama svoje pasmine.

U svakom slučaju, rezultati kloniranja dobiveni na primjeru ovaca pružaju velike mogućnosti u različitim sferama djelatnosti. U stočarstvu je moguće zamisliti da se kloniranjem dobije populacija jedinki koje imaju poželjne osobine, kao što su kakvoća vune, količina i kakvoća mlijeka, itd.

Tehnikom kloniranja moguće bi bilo spasiti one vrste i populacije živih bića na zemlji koje su čovjekovom nepažnjom dovedene do izumiranja. To bi održalo tako bitnu raznolikost s obzirom na postojeće biljne i životinjske vrste kojima prijete izumiranja.

²¹ Radi se o točnom rasporedu i položaju gena na kromosomima. Takve genske karte izrađene su za mnoge vrste biljaka i životinja, kao što su kukuruz, rajčica, ječam, kunići, kokoši itd.

gena koja dotičnoj osobi dopušta bolje planiranje vlastita života. No, pristajanje na ovu analizu gena povezano je s tri uvjeta: slobodni pristanak dotične osobe, povjerenje liječnika i apsolutna zaštita podataka.

Kod analize gena na nerođenom čovjeku potrebno je upitati se: što se događa nakon što se na jednom embriju otkriju oštećenja gena? U najvećem broju slučajeva to završava pobačajem, ljudski život u nastajanju biva ubijen, što je u sebi moralno zlo.

2. Terapija gena nalazi se još u početnoj fazi, a zdravi razum potvrđuje opravdanost i poželjnost zahvata takve naravi, jer je prava zadaća medicine liječiti i ozdravljati.

Terapijski zahvati mogu se odvijati na dvije razine:

- Somatska genska terapija odvija se na razini somatskih stanica, a polučene promjene i njihovi rezultati ostaju u samom subjektu i ne prenose se na potomstvo, te ne postavljaju moralne dvojbe.

- Druga razina terapijskih zahvata jest ona na reprodukcijским, tj. spolnim stanicama, koji ostavljaju posljedice na potomstvo i okoliš. Ovakvi zahvati izazivaju velike moralne dvojbe, osobito ako se izvode na embrijima,²² jer bi djeca bila genetski bitno različita od svojih roditelja.

Na to se nadovezuju zahvati na spolnim gametama ili već oplodjenim jajnim stanicama (zigotama), kod kojih se ne radi o liječenju postojeće individue, nego o manipulaciji njezina identiteta; vrijednost već postojeće osobe podređuje se proizvodnji neke eugenetski "kvalitetnije" osobe, a taj zahvat nosi u sebi promjenu identiteta osobe. Ovo se čini povezanim sa željom jednih da proizvode druge po svojim potrebama i prohtjevima.

To je razina na kojoj se pojedinom individuumu željena svojstva mogu genetski usaditi. Nadalje, ako su I. Wilmot i suradnici uspjeli kloniranjem dobiti potomstvo u ovaca, zašto se ne bi to moglo i kod ljudi?²³ Znanstvena fantazija i futurističke spekulacije su, čini se,

²² Pripomenimo ovdje da promjene na somatskim stanicama, izazvane na bilo koji način, mogu imati pozitivne ili negativne posljedice za subjekt na kome se događaju, ali ne i šire, dok promjene na genetskom materijalu, dakle na spolnim stanicama, ostavljaju posljedice koje se prenose na potomstvo.

²³ Za sada u svijetu nitko ne zna bi li tehnika koja je primijenjena kod ovaca bila djelotvorna i u ljudi, jer će se još mnoga pitanja iz biokemije staničnog ciklusa i reprogramiranja morati razjasniti.

Znanstvenici s G. Washington University Medical Center u Buffalu su 1993. godine potaknuli ljudski zametak u njegovu najranijem razvojnom stadiju da se podijeli u vrlo mnogo malih zametaka. Od jednoga su učinili mnoge. Sve se to odvijalo in vitro. Od daljnjeg eksperimentiranja odustalo se nakon što se javnost pobunila.

beskrajne, a ovdje spominjemo samo neke: kloniranje samog sebe iz čisto egoističnih pobuda za očuvanje u budućnosti; bogati i moćni mogli bi prenijeti svoja svojstva na mlađe verzije samih sebe, a oni bi im služili kao skladišta "rezervnih dijelova" kad organizam i organi ostare;²⁴ kloniranje genijalnih znanstvenika, književnika, pjesnika, umjetnika, filozofa, teologa, političara, športaša, itd.²⁵

2. ETIČKI VIDICI GENETIKE I GENETIČKOG INŽENJERSTVA

Tehnika genetičkog inženjerstva otvorila je čovjeku mogućnost ciljanog utjecaja na nasljeđe (genotip) živih bića, kao i zahvaćanja, na dosad neshvatljiv način, u sam tijek evolucije. Pojavom Dolly osnovni su tehnički i biološki problemi razmnožavanja kloniranjem riješeni, ali bitnije od same tehničke izvedbe tog pokušaja, nameću se mnogi problemi etičke naravi. U tom smislu kaže H. Sachsse: "Rješenja etičkih, a ne tehničkih problema odredit će našu budućnost."²⁶

2.1. Je li strah od suvremene znanosti opravdan?

Čovječanstvo ima loše iskustvo s primjenom pojedinih znanstvenih dostignuća²⁷. Jasan je etički princip da čovjek ne smije sve što može; s druge strane, povijest nas uči da je čovjek ono što može, najmanje jednom i iskušao. Etičko pravilo da moguća zloupotreba

Usp. I. Kešina, *Etičko-moralni vidici ljudskog rađanja (II)*, 31 (1996) 3, str. 281-282.

- 24 Budući da se radi o genetički identičnim ljudima, njihova genetička podnošljivost je potpuna, pa se vrlo uspješno mogu obavljati transplantacije tkiva i organa, pri čemu je opasnost od transplantacijske reakcije svedena na najmanju moguću mjeru.
- 25 Možda nam ovakve mogućnosti trenutačno izgledaju poput znanstvene fantastike i nemaju realno utemeljenje. No, brzina biotehnološkog napretka pretvorila je znanstvenu fantastiku sedamdesetih godina našega stoljeća u mnogim slučajevima u realnost osamdesetih i devedesetih godina našega stoljeća.
- 26 H. Sachsse, *Technik und Verantwortung. Probleme der Ethik im Technischen Zeitalter*, Freiburg, 1972, str. 122.
- 27 A. Nobel izumio je dinamit kako bi rudarima olakšao kopanje ugljena, a ljudi su ga zloupotrijebili protiv čovjeka u raznim eksplozivnim napravama u ratovima proteklih desetljeća. Otkriće atomske energije zloupotrijebljeno je za izradu atomske i hidrogenske bombe, dakle ponovno za uništavanje i ubijanje ljudi. A. Einstein bio je izrazito razočaran nakon Hirošime i Nagasakija. Mikrobiolozi su otkrili uzročnike teških i smrtonosnih zaraznih bolesti, primjerice kolere, kuge, TBC-a, i postupke njihova suzbijanja. Velika opasnost od tih otkrića je mikrobiološki rat. Takvih primjera ima na žalost mnogo.

neke metode ne zabranjuje njezinu ispravnu upotrebu, pretpostavlja jasno razlikovanje između dobre i loše primjene te metode. Čista znanost je po sebi neutralna, dok njezina primjena može biti dobra ili zla. Kao što bi bilo pogrešno zaustaviti znanost, jednako bi pogrešno bilo cijelo to delikatno područje ljudskog djelovanja prepustiti samovolji znanstvenika.

Koliko god iskustva bila loša, čovječanstvo se trudilo, usprkos svim opasnostima, iznaći odgovarajuće kontrolne mehanizme protiv zloupotrebe znanosti.²⁸ Reagiranjem javnosti na pojavu ovce Dolly dobrodošlo je, jer se smijemo nadati da će prizemljiti one nekritične znanstvenike koji teže ostvarenju svojih katkad bolesnih ambicija, zaboravljajući pritom na etički kodeks ponašanja znanstvenika na koji su prisegli prigodom promocije u stupanj doktora znanosti, a koji glasi: *svoj znanstveni rad podrediti koristi čovjeka i čovječanstva*.

Ne bismo se trebali bojati rezultata znanosti jer je ona danas pod nadzorom cijeloga znanstvenog svijeta. Pravna regulativa je pri tome potrebna kako bismo se zaštitili od zloupotreba od strane moćnika i njihovih bolesnih i monstroznožnih želja.

2.2. *Etičko vrednovanje biotehnologije na području uzgajanja biljaka i životinja*

Primjena genske tehnologije na različita područja poljodjelstva, čini se na prvi pogled kao poboljšanje tradicionalnih postupaka i kao optimiranje prinosa i uroda s vremenskoga, kvalitativnoga i kvantitativnog aspekta.²⁹ Pri odgovornom prosuđivanju potrebno je najprije ustvrditi *bioetički vidik*, što znači da na ovaj način manipulirani

²⁸ U većini zemalja koje imaju razvijen znanstvenoistraživački rad na polju molekularne biologije i genetike donesena se pravila o radu i istraživanjima iz domene genetičkog inženjerstva pa i kloniranja, te takvi pokusi na modelima ljudi nisu mogući, tj. bili bi ilegalni. Ovdje je potrebno razlikovati javno donesene deklaracije, pa i zakonodavne norme, s jedne strane, te prešutno odobravanje zabranjenih pokusa ili njihovu tajnu financijsku potporu, istih osoba, s druge strane.

U Republici Hrvatskoj za sada ne postoje propisi koji bi regulirali tu problematiku, kao ni puštanje u promet ili na tržište proizvoda dobivenih genetičkim inženjerstvom.

²⁹ Na pitanje što ćemo jesti u 21. stoljeću, kratak odgovor bi mogao glasiti: jest ćemo genetski manipuliranu hranu. Maštovito govoreći, to bi moglo značiti da ćemo jesti crvenu rižu, piletinu s okusom čokolade, krumpir s pilećim genima, krumpir i kukuruz koji će biti otporni na viruse i bakterije, svinjetinu koja neće biti masna, a pit ćemo pivo od kojega se nećemo moći napiti ...

organizmi ne smiju potiskivati druge organizme, što bi s vremenom dovelo do njihova izumiranja. Tako bi došlo do poremećaja u ekološkoj ravnoteži, a to bi, konačno, dovelo do "genetičke erozije", što bi značilo opasnost za preživljavanje svih živih bića.³⁰

Zbog nastojanja za većom proizvodnjom mlijeka, žele se "fabricirati" krave koje bi davale daleko više litara mlijeka negoli normalne krave. Pomoću hormona rasta dobivenog biotehnološkim načinom, dobivaju se tzv. turbokrave.³¹ Netko tko u kravi vidi stvorenje Božje, neće se prema njoj moći ponašati kao onaj tko u njoj vidi samo stroj za proizvodnju mlijeka.

U ovakvom razmišljanju nazočan je i *socijalnoetički vidik*, jer se smatra da će primjena navedenih sredstava i metoda biti rentabilna tek kod pogona i farmi s određenom veličinom i snagom kapaciteta za proizvodnju, a svi mali i srednji pogoni bi propadali. Prehrana cijeloga čovječanstva mogla bi ovisiti o pravu na patente i monopolu najvećih koncerna.³² Uzgajanje biljaka koje bi bile otporne na specifična sredstva neke tvrtke, dok bi sve druge biljke propadale, etički je nedopustivo.

Mnogi znanstvenici su pristaše genske tehnologije jer drže da će njezinom primjenom nestati gladi u svijetu.³³ Nama se čini da glad u svijetu nije pitanje genetike i primjene njezinih rezultata, nego je to

30 "Novokonstruirane" vrste ne bi smjele voditi umanjivanju broja vrsta, kao ni njihovu izumiranju. K tome bi monokulture bile podložnije štetocinjama, što bi zahtijevalo daleko veću upotrebu pesticida. Nestanak (istrebljivanje) vrsta zabranjen je iz ekološko-etičkih razloga. Naime, generacije prije nas prenijele su na nas Zemlju kao naslijeđe, od čijih kamata živimo, ali u čiji kapital i glavicu ne bismo smjeli dirati. Prirodno nastale vrste čine taj kapital.

31 One doduše daju više mlijeka, ali su posljedice glede njihove prehrane, opterećenja krvotoka, osjetljivosti na oboljenja, duljine života, pa i plodnosti nesagledive.

32 Proizvodnja genetski manipulirane hrane već je nekoliko godina vrlo unosan biznis, s tendencijom naglog rasta. U samo pet godina prihodi biotehnoloških tvrtki višestruko su povećani. Sa 2,7 milijardi dolara, koliko je utrženo 1989., do 1994. narasli su na 14 milijardi dolara. Do 2000. godine zarada na proizvodnji genetički manipulirane hrane trebala bi dosegnuti 60 milijardi dolara.

33 Prema predviđanjima znanstvenika u sljedećem će stoljeću svjetska populacija brojiti oko devet milijardi stanovnika (neki demografi predviđaju da će ta brojka dosegnuti 14 milijardi ljudi). Kako bi se utažila njihova glad, nužna će biti golema proizvodnja hrane. Drugo rješenje, osim pristanka na uzgoj genetski manipuliranih biljaka, oni ne vide. No, ti čudesni novi putovi superproizvodnje, koji u prirodu umeću vrste koje nikad prije nisu viđene, puni su nepoznanica. Mnogi eksperimenti tek su na početku i na dulji rok ne znamo kakve bi posljedice za čovjekovo zdravlje mogla izazvati, primjerice, križanja biljaka i životinja.

pitanje odnosa Sjever-Jug, bogati-siromašni, podjele dobara između država koje imaju previše i onih koje imaju premalo.³⁴

Veliki etički problemi genetike i genetičkog inženjerstva počinju mnogo prije primjene njihovih rezultata na području humanoga, naime oni počinju već na području poljodjelstva.

2.3. Etičko vrednovanje biotehnologije na području humanoga

Nakon što je, sekularizacijom i pluralnim društvom, izvan snage stavljena opća obvezatnost kršćanskih vrijednosti, novovjekovna etika bila je prisiljena tražiti nove i općevažne kriterije. Rezultat tog traženja jesu principi čija obvezatnost nije legitimirana vjerom, nego racionalnim uviđanjem. Ovdje bismo, kao prvi i temeljni, naveli princip *općenitosti*³⁵ i univezalnosti. U smislu ovakve općenitosti shvaća O. Höffe tzv. zlatno pravilo promatrano pozitivno: "Kao što želiš da drugi uzmu u obzir tvoje potrebe i interese, tako i ti uzmi u obzir potrebe i interese drugih."³⁶ Primijenjeno na gensku tehnologiju, to bi konkretno značilo: treba promicati kako dobro onoga na koga se genska tehnologija odnosi, tako i dobro samoga istraživača.³⁷

Princip koji mnogi ubrajaju u kreposti suvremenog čovjeka, jest princip *odgovornosti*.³⁸ Hans Jonas, koji je uvidio kako je uz prirodu i sam čovjek u sve većoj mjeri postao objektom tehničkog djelovanja,

34 Podsjetimo se ovdje kako su se prema nama odnosili bogati sa Zapada u vrijeme Domovinskoga rata. Često smo dobivali humanitarnu pomoć u hrani i lijekovima kojima je već odavno bio prošao rok trajanja. Oni su često čistili svoja skladišta i time se rješavali onoga što im više nije vrijedilo, a pred nama su glumili humanizam i umirivali svoju savjest zbog svoje neaktivnosti da se spriječi zlo.

35 U smislu Kantovog praktičnog imperativa: "Radi tako da čovječanstvo kako u tvojoj osobi, tako i u osobi svakoga drugoga svagda ujedno uzimaš kao svrhu, a nikada samo kao sredstvo." I. Kant, *Grundlegung zur Metaphysik der Sitten*, in: Kants Werke, Akademische Textausgabe, Bd. IV., Berlin, 1968, str. 428sl.

36 O. Höffe, *Sittlich-politische Discourse, Philosophische Grundlagen, Politische Ethik, Biomedizinische Ethik*, Frankfurt, 1981, str. 66.

37 Oni na koje se genska tehnologija odnosi, su ne samo istraživač i osobe na kojima se vrše eksperimenti te bolesnici nego i cijela društvena zajednica. Dobro istraživača promiče se dobrim rezultatima istraživanja, slavom, ugledom i novcem.

38 U naše vrijeme je pojam odgovornosti osobito povezan s imenom Hansa Jonasa, koji je kao njemački Židov morao 1933. godine napustiti Njemačku i emigrirati u SAD. U svom djelu *Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik für die technologische Zivilisation*, Frankfurt, 1982., Jonas osobito ističe ovisnost odgovornosti o tehničkoj moći. On smatra da se, imajući u vidu nevjerojatni porast tehničke moći čovjeka, mora zapovjediti i moralno-etičko proširenje koncepta odgovornosti.

pa i genske tehnologije, formulirao je princip odgovornosti kao etički imperativ na sljedeći način: "Djeluj tako da učinci tvoga djelovanja budu sukladni s postojanošću istinskoga ljudskog života na zemlji",³⁹ što je Ulrich Eibach preformulirao rekavši: "Djeluj tako da posljedice tvojega djelovanja ne mogu uništiti ili dovesti u opasnost ili umanjiti mogućnost ljudskog života i njegova okoliša u sadašnjosti i budućnosti."⁴⁰ Jonas je, govoreći optimistički o napretku genske tehnologije na jednom skupu 1984. godine, upozorio kako bismo se svi morali ponovno učiti "strahopoštovanju pred svetim".⁴¹

Gore navedeni principi i smjernice predstavljaju posuvremenjivanje nekih temeljnih etičkih principa, imajući u vidu da je zadaća etike podsjetiti na granice unutar kojih je ljudsko djelovanje čovjeku dopušteno i za njega dobro, a izvan kojih nije. U tom kontekstu možemo i genetiku podijeliti na *pozitivnu* - koja ima za cilj liječenje pojedinih nasljednih bolesti i koja do tog cilja ne dolazi služeći se moralno nedopustivim sredstvima; pozitivna genetika je moralno nedopustiva ako teži za pospješivanjem kvalitetnijih, nadarenijih osoba i njihovih svojstava, te *negativnu genetiku* - koja za cilj ima eliminaciju genetski oštećenih ili nepoželjnih individua, čime se želi provesti rasna higijena.

Primjena genetike i genske tehnologije na čovjeku kao i njezina etička valorizacija može se promatrati kroz četiri vida: analizu gena, terapiju gena, genski transfer i kloniranje čovjeka.

- *analiza gena* odraslim osobama omogućuje, s jedne strane, planiranje životnog puta i zvanja, što je po sebi pozitivno, ali sa sobom nosi i specifične opasnosti. Svima dostupna "genska karta" jedne osobe može dovesti do mnogih nepravdednosti kod zapošljavanja ili kod životnih osiguranja. Pri ovome bi bilo potrebno provoditi strogu zaštitu podataka.

Analiza gena (genetska dijagnostika) kod novorođenčadi samo je onda etički opravdana ako služi preventivnom liječenju. U odnosu

³⁹ H. Jonas, *nav. dj.*, str. 36.

⁴⁰ U. Eibach, *Grenzen und Ziele der Gen-Technologie aus theologisch-ethischer Sicht*, u: W. Klingmüller (Hrsg.), *Genforschung im Widerstreit*, Stuttgart, 1980, str. 123.

⁴¹ Navedeno prema G. Altner, *Leben auf Bestellung? Das gefährliche Dilemma der Gentechnologie*, Freiburg-Basel-Wien, 1988, str. 40. Jonas poziva na strahopoštovanje pred životom, pa makar i bez Boga, jer u današnje vrijeme ni politika, a ni tehnika za svoje djelovanje ne pretpostavljaju Boga, povezujući na taj način i vjernike i nevjernike. On upozorava na činjenicu da prirodu i život nismo sami proizveli, nego smo sve to dobili, to nam je povjereno, da bismo u tom povjeronom nam životu mogli otkriti, samo ako to istinski želimo, tragove svetosti Stvoritelja, koji je neprestano na putu sa svojim stvorenjem.

prema još uvijek neizlječivim bolestima, trebalo bi se odreći takve analize jer ona oduzima djetetu mogućnost normalnog života do izbijanja bolesti.

Prenatalna dijagnostika može pomoći smirivanju roditelja koji su bezrazložno zabrinuti za zdravlje svojega djeteta, jer zabrinutost i strah mogu za vrijeme trudnoće negativno djelovati i na dijete. Utvrđivanje nekog genskog oštećenja i njegovo priopćenje roditeljima može pomoći roditeljima da se pripreme za tešku zadaću koja je pred njima. Etički je nedopustiva prenatalna dijagnostika koja bi vodila "selekciji", pobačaju djece za koju se predviđa da bi mogla biti retardirana. Ubijanje retardirane djece, kako prije tako i poslije rođenja, protivno je jednakom dostojanstvu svih ljudi, a prisila društva da se vrši prenatalna dijagnostika mora se odbaciti.⁴²

• *terapija gena* - Od temeljne je etičke relevantnosti razlikovanje tzv. somatske genske terapije (odvija se na razini tjelesnih stanica), kod koje se prenošenjem genetske informacije ponovno uspostavlja neka tjelesna funkcija koja je zakazala, i terapijskih zahvata na genima spolnih stanica.⁴³

Somatska genska terapija, koja isključivo smjera na liječenje konkretnih genetički uvjetovanih oštećenja, a u svojim posljedicama je ograničena na bolesnu osobu, principijelno podliježe istim etičkim kriterijima kao i svaka druga terapija. Rizike bi trebalo prosuđivati, kao u tradicionalnoj medicini, prema odnosu očekivanog dobra i kod toga neminovnih opasnosti.⁴⁴

Kod genske terapije u reproduktivnim stanicama ne mijenja se samo genetski materijal svih stanica u dotičnom organizmu nego se taj promijenjeni genetski sadržaj nasljeđivanjem prenosi na potomstvo. Indikacije za takvu terapiju imali bi u slučaju nasljednih bolesti koje su još uvijek neizlječive. Ovakvi zahvati pretpostavljali bi eksperimente na ljudskim embrijima, čime dotična osoba ne bi bila izlječena već bi se manipuliralo s njenim identitetom kao i s

42 Genetičko savjetovanje bračnih partnera prije začeća može pomoći onima koji boluju od nekih nasljednih bolesti ili imaju nekoga u rodbini kod kojih su se takve bolesti pojavile, kako bi im se objasnili stvarni rizici kojima se izlažu te im se tako pomoglo kod donošenja odluka o potomstvu.

43 Ovi zahvati se vrše na najnim stanicama, spermijima ili stanicama iz kojih nastaju i sazrijevaju zreli spermiji (spermatogonije, primarne spermatocite, sekundarne spermatocite i spermatoide) te na stanicama u ranom embrionalnom razvojnom stadiju koje se još nisu diferencirale (svaka pojedina stanica je omnipotentna, tj. iz nje se mogu diferencirati sve stanice, tkiva i organi).

44 Pri svemu navedenom treba imati u vidu moguću zloupotrebu genske terapije u eugenici. U praksi bi se jednoga dana mogle olako obavljati ciljane promjene ljudskog nasljeđa, i to na temelju društvenih predrasuda.

identitetom njezina potomstva. Zahvati na oplodenoj jajnoj stanici, svejedno je li u svrhu istraživanja ili terapije, etički se ne mogu opravdati.⁴⁵

• *genski transfer* u somatskim stanicama u svrhu liječenja zahtijeva uspješnu gensku analizu i cjelovitu gensku kartu te na toj razini ne bi trebalo biti velikih etičkih dvojbi jer bi to bilo kao i svako drugo liječenje.

Kad je riječ o genskom transferu u spolnim stanicama, a najčešće se radi o podređivanju vrednote već postojeće osobe proizvodnji neke eugenetski kvalitetnije osobe koja bi bila genetski konstruirana prema subjektivnim željama roditelja, liječnika ili genetičara (npr. osobe vrlo visokog kvocijenta inteligencije, boljih radnih sposobnosti, osobe koja se bolje prilagođuje uvjetima življenja, itd.), moramo reći da je to etički nedopustivo.⁴⁶

45 Eksperimenti s mongoloidnim fetusima ne mogu se ni onda etički opravdati kad bi za cilj imali mogućnost izlječenja te bolesti u budućnosti. Ni jedan cilj, ma kako dobar bio, ne može opravdati sredstva koja su u sebi zla.

46 Haldane je bio uvjeren da su mnogi roditelji spremni riskirati život svoje djece u nadi da bi se kod njih mogle razviti, genetski konstruirane, natprosječne sposobnosti. Ako se misli mijenjati čovjeka, u želji stvaranja "nadčovjeka", zahvaćajući u njegove biološke temelje (nasljeđe), obvezno se postavljaju pitanja: na čiju sliku i priliku bismo trebali producirati željeni ljudski genom iz kojega bi se razvio "novi čovjek"; koji su kriteriji za izbor "novoga čovjeka" i tko su oni koji bi trebali napraviti taj izbor; želi li se čovjeka prošlosti, sadašnjosti ili zamišljenog za budućnost; želimo li buduće naraštaje opterećivati našim shvaćanjem vrednota; kakva bi trebala biti sudbina neuspjelih "primjeraka"? Opširnije usp. V. Pozaić, *Etika u genetici*, u: A. Švajger (urednik), *Medicinska etika, Prtručno štivo, II. izdanje*, Zagreb, 1996., str. 105-106.

Mnogi stručnjaci zahtijevaju dopuštenje vršenja eksperimenata kod onih procesa i situacija koje se događaju u prirodi: genskih transfera, miješanja gena, selekcije i uništavanja embrija i fetusa, pa čak i interspecijskih kombinacija. Prema njima, trebalo bi zabraniti samo one eksperimente koji se kao procesi ne događaju u prirodi. Međutim, potrebu opravdanja nemaju prirodni procesi, nego ljudsko djelovanje, i to upravo zato što to nije prirodni proces. Ako primjerice cigla padne s krova i ubije čovjeka, to nije isto kao kad bi čovjek uzeo ciglu i ubio čovjeka pogodivši ga u glavu. Tko, dakle, manipulira genima, ne čini isto što i priroda, nego upravo zato što to *on radi*, to ne može biti isto: prvo (prirodno) je događanje, a drugo je ljudsko djelovanje koje je podvrgnuto etičkom valoriziranju.

U svezi s time potrebno je navesti kako su mnogi znanstvenici zahtijevali "produkciju" mješanaca životinja-čovjek koji bi se slali u svemir, radili bi u rudnicima, itd. Pokušaji su u tom smjeru već učinjeni, a koliko je javnosti poznato, do sada su bili bezuspješni.

Neki prigovaraju da se kod dvoje ljudi visoke inteligencije događa da će njihova djeca biti genetički tako konstruirana da će posjedovati "željena" svojstva. Zašto se onda isto ne bi moglo činiti i genetičkim inženjerstvom? No, svakodnevno iskustvo nas uči da je u stvarnosti često sasvim drugačije. G. B. Shaw je od jedne čuvene ljepotice dobio ponudu da rode dijete koje će, kako ona reče, imati njezinu ljepotu

• *kloniranje čovjeka*, dakle, vremenski u budućnost premještenoga jednojajčanog blizanca⁴⁷ jest nemoralno, etički nedopustivo. Ostavljajući po strani poteškoće i rizike tehničke naravi, zatim barijere neurobiologije, psihologije, sociologije, itd., osobito nas zanima moralna dimenzija ovih "pothvata", misleći na dijete koje se ima roditi. U tom kontekstu Häring kaže: "Bog je dao ljudskom individuumu pravo da bude ukorijenjen u onu ljudsku povijest u kojoj je daljnje prenošenje života vezano uz roditeljsku ljubav i brigu. U načelu svako dijete mora znati da je upućeno na dva roditelja, da ima oca i majku. Kod *kloniranja* bi potomak bio biološki čisto ponavljanje *jednoga* čovjeka, onoga od kojega je uzeta stanična jezgra. Različnost nasljedne strukture što ju je Stvoritelj htio od početka, pripada povijesti slobode, kao što spolno prenošenje upućuje na vjernost roditelja."⁴⁸

Etički su nedopustivi i eksperimenti kojih bi cilj bilo kloniranje čovjeka. Istraživanje se ne može promatrati odvojeno od primjene rezultata tih istraživanja, jer oplodena jajna stanica jest i pripada vrsti *Homo sapiens* i zbog toga uživa odgovarajuću zaštitu. Etički su nedopustivi svi eksperimenti na višim sisavcima kojima bi cilj bio, služeći se rezultatima tih istraživanja, na zaobilazan način doći do spoznaja koje bi omogućile kloniranje čovjeka. Kloniranje je nedopustivo jer bi klon izgubio pravo na *nepoznavanje* svoje biografije u budućnosti, čime bi bio izložen nepodnošljivim strepnjama i očekivanjima. Kloniranje čovjeka je nemoralno i zbog prava svakoga čovjeka na iskonsku prirodnost svojega podrijetla (svatko je od nas kao osoba sa svojom *jedinstvenosti*⁴⁹ - samo jedanput u cijelom svemiru i vremenu - svojim jedinstvenim *ja*, jedinstvenom poviješću, nešto neponovljivo), što mu omogućuje da kao biće može jednakopravno stajati uz druga bića njemu slična, a ne kao biće koje živi milošću darovatelja spolnog sjemena ili genetičkog inženjera.⁵⁰

i njegovu inteligenciju. Shaw je ponudu odbio s obrazloženjem da se boji da bi dijete moglo imati njezinu inteligenciju, a njegov izgled.

47 Svejedno radi li se s vlastitim nasljeđem (što je moguće samo kod žena) ili s tuđim.

48 B. Häring, *Kristov zakon. Slobodni u Kristu*, III. svezak, Zagreb, 1986., str. 125.

49 Proteini čine one molekule našeg tijela po kojima se svatko od nas *odlikuje i razlikuje* od svih ostalih pripadnika iste vrste i svih drugih vrsta. Te su molekule nosioci naše biološke specifičnosti.

50 Mnoge želje za kloniranjem izrazito su subjektivne. Možda bi mnogi željeli kloniranog Einsteina, Schweitzera, Mozarta, Majku Tereziju, ali ne i tragične genije kao što su Nietzsche, Beethoven ili Kafka. U tome je problem jer ni jedan čovjek ne smije "odgovorno" opteretiti nekoga drugoga biografijom punom patnje.

U pozadini težnje za kloniranjem čovjeka zasigurno se nalazi i interes kako bi klonirani čovjek mogao poslužiti kao živo "skladište dijelova" za transplantaciju organa (o čemu je već bilo riječi), sve do transplantacije mozga. Ovakve monstruoze težnje ne zaslužuju, pod moralnim vidikom, nikakav odgovor, nego najoštriju osudu i zakonsku prijetnju kaznom koja bi bila primjerena takvom zločinu.

3. NAUČAVANJE CRKVENOG UČITELJSTVA O GENETICI I GENETIČKOM INŽENJERSTVU

Premda su neki teolozi u dvadesetim i tridesetim godinama našega stoljeća, manje ili više, podržavali tada aktualne eugeničke teorije, crkveno učiteljstvo uvijek je zauzimalo negativan stav prema, primjerice, zabrani vjenčanja, prisilnoj sterilizaciji pojedinaca ili skupine, te protiv rasističkih ideologija. Papa Pio XI. je 1930. u svojoj enciklici *Casti connubii* zauzeo jasan negativan stav protiv prisilne sterilizacije iz eugeničkih razloga. Isto stajalište ponovio je i Sveti oficij 1936. godine, kritizirajući i odbacujući nacionalsocijalistički zakon o sprječavanju rađanja potomstva s nasljednim bolestima (DS 3764), ponavljajući istu osudu i 1940. godine (DS 3788).

O genetici se kao znanosti, još 7. rujna 1953. godine s katoličkog moralnog vidika, pozitivno izrazio i papa Pio XII. Obraćajući se sudionicima Prvoga međunarodnog kongresa o genetici, Papa se načelno izražava pozitivno o genetici i eugenici, čija je temeljna tendencija "dobro podržavati, a štetno odstranjivati", odbacujući eugenički prisilno izvedene zahvate, te ponovno osuđujući rasističku ideologiju kao nešto što je protivno moralnome redu. U istom govoru Papa nastavlja: "Praktični ciljevi prema kojima ide genetika plemeniti su i dostojni priznanja i poticaja. Od nje se samo traži da u vrednovanju sredstava određenih za postignuće svojih ciljeva ostane uvijek prisutna svijest o temeljnoj razlici između vegetativnoga i

Pretpostaviti je da se u svezi s kloniranjem javljaju mnoge dvojbe, pitanja i strahovi. Kako bi se osjećao čovjek koji bi "posudio" svoj genetički materijal te nakon trideset ili više godina na ulici susreo svojega jednojajčanog blizanca? Kojim bi psihološkim, sociološkim, itd., rizicima bile izložene kopije identičnih ljudskih genoma, bez obzira bi li se te kopije dobile istovremeno, sukcesivno ili nakon većih vremenskih razdoblja? Bi li kloniranje imalo negativan odraz na ljudsku genetsku baštinu (poremećaji prirodne ravnoteže u biljnom i životinjskom svijetu već se događaju)? Što učiniti s više ili manje neuspjelim "primjercima" kloniranja? Što učiniti ako naručitelji ne bi bili zadovoljni "narudžbom"? Eliminirati, tj. ubijati? Što ako kloniranjem proizvedeni pojedinci ne bi bili zadovoljni svojom kvalitetom? Bi li "produkti" imali pravo tužiti svoje "proizvođače"?

životinjskog svijeta, s jedne strane, te čovjeka, s druge strane",⁵¹ za što su etici, kao nadopuna, potrebne druge znanosti, kao antropologija, psihologija i metafizika.

Papa Ivan Pavao II. nekoliko se puta izričito bavi pitanjima biologije i genetike. U svom govoru sudionicima sastanka Papinske akademije znanosti, 23. listopada 1982. godine, odobrava istraživanja i eksperimente koji respektiraju dostojanstvo ljudske osobe i pridonose općem dobru ljudi. Potvrđujući već ranije iznesenu crkvenu nauku, rekao je: "Ako su zametci živi, bilo da su za život sposobni ili nisu, moraju se poštivati kao i sve druge ljudske osobe; ako nije izravno terapijsko, eksperimentiranje sa zametcima je zabranjeno."⁵² Papa se jasno izrazio o opravdanosti i o kriterijima terapijskih zahvata nad ljudskim zametcima: "U načelu dobrodošlicom će se dočekati neki strogo terapijski zahvat kojemu je svrha ozdravljanje od raznih bolesti, uključujući bolesti koje su posljedica kromosomskih grešaka, uz pretpostavku da se hoće istinski promaknuti osobna dobrobit pojedinca bez nanošenja štete njegovoj cjelovitosti i bez pogoršanja uvjeta života. Takav zahvat doista se uklapa u logiku kršćanske moralne predaje."⁵³ Ivan Pavao II. u istom se govoru osvrće na neke pokušaje zahvaćanja u kromosomsku ili genetičku baštinu koji nisu terapijske naravi, nego idu za tim "da se proizvedu ljudska bića selekcionirana prema spolu ili prema nekim drugim unaprijed određenim svojstvima. Takve manipulacije suprotne su osobnom dostojanstvu ljudskog bića, njegovoj nepovrjedivosti i njegovu identitetu. Zato se ne mogu nikako opravdati eventualno dobrim posljedicama za čovječanstvo budućnosti".⁵⁴

Naputak Zbora za nauk vjere o poštivanju ljudskog života u nastanku i o dostojanstvu rađanja iz 1987. godine procjenjuje

51 AAS 45 (1953) 607. Papina izjava o nepovredivosti ljudske osobe i danas nailazi na nepodijeljeno suglasje. Imajući u vidu spoznaje o problematici ekologije i ekološke etike, upitno je bismo li se mogli složiti sa svim njegovim izjavama o genetičkim manipulacijama u biljnom i životinjskom svijetu.

52 Ivan Pavao II., *Govor sudionicima sastanka Papinske akademije znanosti*, 23. listopada 1982: AAS 75 (1983) 37. U svom govoru papa nastavlja: "Najotvorenije osuđujem eksperimentalno manipuliranje ljudskim zametcima, jer ljudsko biće, od časa svoga začeća do smrti, ne može biti zlorabljeno ni iz kojeg razloga."

53 Ivan Pavao II., *Govor sudionicima 35. generalne skupštine Svjetskog liječničkog udruženja*, 29. listopada 1983: AAS 76 (1984) 392. U istome govoru Papa upozorava da se moraju izbjeći manipulacije, "koje kao cilj imaju promjenu genetskog nasljeđa i stvaranje drugačijih ljudskih skupina, čime bi se došlo u opasnost da se fabriciraju nove skupine ljudi, koje bi živjele na rubu društvene zajednice".

54 AAS 76 (1984) 391.

pozitivno prenatalnu dijagnostiku koja se zasniva na spoznajama suvremene genetske tehnologije, a koja poštuje život, nepovredivost zametka i ljudskog ploda te koja smjera njegovoj individualnoj zaštiti ili liječenju.⁵⁵

Na završetku svojega obraćanja sudionicima 35. opće skupštine Svjetskog liječničkog udruženja Papa kaže: "Znanstveni i tehnički napredak... mora, (...) iskazivati najveći respekt onim moralnim vrijednostima koje predstavljaju zaštitu dostojanstva ljudske osobe. Budući da na medicinskoj skali vrijednosti život čovjeka predstavlja najviše i najradikalnije dobro, nužan je temeljni princip: najprije se mora izbjeći svako štetno djelovanje, a onda se može istraživati i težiti prema dobru."⁵⁶

Zaključak

Činjenica da se metodama genske tehnologije može zahvaćati u genetički materijal biljaka, životinja i čovjeka, predstavlja problem kojim se ne bave samo stručnjaci. Odavno se nije dogodilo da bi neka nova prirodnoznanstvena dostignuća izazvala tako dugotrajan odjek u javnosti kao što su to izvješća o uspjesima na području genetike i genetičkog inženjerstva. Ovo je usko povezano s pitanjem: treba li i smije li se činiti sve što je tehnički izvedivo?

Zaključno recimo da je dopušten veliki broj konkretnih gensko-tehnoloških istraživanja i primjena njihovih rezultata ako su zaštićena temeljna dobra, kakva su primjerice sigurnost i zaštita životinja. Dobri ciljevi ne posvećuju sva sredstva, tako da i genska terapija u somatskim stanicama čovjeka, u nekim slučajevima, može biti upitna. Moralno-kategorički, zabranjena je manipulacija genima na oplođenim jajnim stanicama čovjeka i na iz njih nastalim onipotentnim stanicama. Isto tako, moralno-kategorički je zabranjeno eksperimentiranje na embrijima, pozitivna eugenika,⁵⁷ kloniranje čovjeka (ne bi se smjelo dopustiti da mrtvi vladaju nad živima) i proizvodnja himera, tj. mješanaca nastalih spajanjem ljudskih i životinjskih spolnih stanica.

Ivan Pavao II. je, govoreći o vrijednosti i nepovredivosti ljudskog života, rekao: "Stvoritelj je život čovjeka povjerio njegovoj odgovornoj

55 Usp. Zbor za nauk vjere, *Donum vitae - Dar života. Naputak o poštivanju ljudskog života u nastanku i o dostojanstvu rađanja*, Zagreb, 1987., br. I, 2, 3, 4.

56 *L'Osservatore Romano*, br. 5, 3. veljače 1984., str. 8.

57 Riječ je o genskom transferu u spolnim stanicama sa svrhom da se proizvede eugenetski kvalitetnija osoba, koja bi bila genetski konstruirana pema subjektivnim željama roditelja, genetičara itd.

brüžljivosti, ne zato da njime raspolaže na proizvoljan način, nego da ga mudro čuva i upravlja ljubaznom vjernošću.”⁵⁸

GENETIK UND GENTECHNIK - GESCHICHTE, CHANCEN UND GEFAHREN

Zusammenfassung

Daß es mit den Methoden der Gentechnologie möglich ist, in das Erbgut von Pflanzen, Tieren und Menschen einzugreifen, stellt gegenwärtig ein Problem dar, das nicht nur unter Fachleuten heftig diskutiert wird. Schon lange nicht mehr hat ein neues naturwissenschaftlich-technisches Können ein so anhaltendes Echo in der Öffentlichkeit hervorgerufen wie die Erfolgsmeldungen der Gentechnologie. Das hängt eng zusammen mit der Frage: soll und darf alles das gemacht werden, was technisch machbar ist?

Zusammenfassend ist zu sagen, daß eine große Anzahl konkreter gentechnologischer Forschungen und Anwendungen erlaubt ist, wenn spezielle Güter abgewogen werden wie Sicherheit oder Tierschutz.

Gute Zwecke heiligen aber nicht alle Mittel, so daß auch hinter der menschlichen Gentherapie im somatischen Bereich ein großes Fragezeichen bleibt. Als moralisch-kategorisch verboten stellten sich die Genmanipulationen an befruchteten menschlichen Eizellen und deren omnipotenten Nachfolgern heraus (egal, ob zur Forschung oder zur Therapie), ebenso die “Embryonen verbrauchenden” Experimente, positive Eugenik, Klonieren, Chimären.

Johannes Paul II. sagt in der Enzyklika *Evangelium vitae*: “Der Schöpfer hat das Leben des Menschen seiner verantwortlichen Fürsorge anvertraut, nicht damit er willkürlich darüber verfüge, sondern damit er es mit Weisheit bewahre und in liebevoller Treue verwalte.”

⁵⁸ Ivan Pavao II, *Evangelium vitae* (Evangeldje života). Enciklika o vrijednosti i nepovredivosti ljudskog života (25. ožujka 1995), Zagreb., 1995, 76.

Dodatak

“Deset zapovijedi” genetičkog inženjerstva⁵⁹

1. Zahvati u prirodu etički su dopušteni, ali u smislu jedne proširene odgovornosti moraju biti povezani s procjenom mogućih posljedica na sadašnjost i budućnost prirode i čovjeka.

2. Sloboda istraživanja nije apsolutna: ona ima svoju granicu u blagostanju čovječanstva. Genetičko inženjerstvo u biti se ne razlikuje od drugih istraživanja. Usprkos rizicima i opasnostima koje su mu svojstvene, etički je prihvatljivo sve dokle god poštuje granice koje su postavljene svakom istraživanju (mogućnost zloupotrebe ne isključuje smislenu upotrebu).

3. Rad genetičara ne smije biti prepušten ekskluzivnosti “znalaca”. Njegov rad mora biti javnosti transparentan, kako bi javnost imala mogućnost procjenjivanja i kritiziranja metoda i rezultata njegovih istraživanja.

4. Genetičar snosi potpunu odgovornost za svoja istraživanja i suodgovornost za ono što drugi od toga naprave. Izgledi na uspjeh i rizici trebaju se vrednovati u stalnoj procjeni posljedica genske tehnologije.

5. Ciljevi genetičkog inženjerstva trebali bi biti terapijski usmjereni, i to u najširem smislu riječi; oni trebaju intendirati dodatnom dobitku na polju humanosti te se iskazati općeprihvaćenim razlozima.

6. Genetičkom inženjerstvu na čovjeku su u načelu postavljene granice. Ono ne smije voditi vladanju čovjeka nad čovjekom.

Eksperimenti genetičkog inženjerstva ne smiju povrijediti niti ozbiljno ugrožavati život, zdravlje i osobni integritet čovjeka, što se odnosi i na nerođenog čovjeka.

7. Kada se radi o čovjeku, pred genetičara kao “objekt” istraživanja istupa ljudski subjekt, koji na temelju ljudskog dostojanstva nikada ne smije služiti kao sredstvo, bez obzira na svrhu tog istraživanja.

8. Analiza genoma (sastavljanje genske karte) smije biti napravljena samo na osnovi dobrovoljnosti i dobrobiti pojedinca, a ne za eventualnu diskriminaciju (npr. na radnome mjestu); to bi značilo zahvaćati u temeljna prava osobe, pri čemu bi osobito bilo povijeđeno načelo jednakopravnosti.

⁵⁹ Opširnije usp. J. Reiter, *Ethische Aspekte der Genforschung und Gentechnologie*, u: J. Reiter und U. Theile (Hg.), *Genetik und Moral, Beiträge zu einer Ethik des Ungeborenen*, Mainz, 1985., str. 159-161.

9. Genska terapija je etički dopuštena ako ne dolazi do promjene psihosomatske (duševne i tjelesne) strukture čovjeka. U takvom slučaju treba je vrednovati kao presađivanje organa. Budući da rizici pri takvim postupcima nisu maleni, može ih se provoditi samo nakon točne procjene rizika koje sa sobom nose.

10. Uvažavajući princip dostojanstva ljudske osobe, "uzgajanje" i kloniranje tzv. optimiranih ljudi apsolutno je neprihvatljivo; autonomnost osobe i sloboda individue da tijekom života realizira svoju osobnost imaju svoju biološku pretpostavku u tome da genska karta jednoga čovjeka ne može biti određena od drugog čovjeka.